



Grøn infrastruktur og bæredygtig vandhåndtering i byer erfaringer fra fem internationale foregangsbyer

Liu, Li; Jensen, Marina Bergen

Publication date:
2017

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):

Liu, L., & Jensen, M. B. (2017). *Grøn infrastruktur og bæredygtig vandhåndtering i byer: erfaringer fra fem internationale foregangsbyer*. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.



Foto copyright: PUB (Singapore's National Water Agency)

Grøn infrastruktur og bæredygtig vandhåndtering i byer:

Erfaringer fra fem internationale foregangsbyer

Li Liu og Marina Bergen Jensen

Om dette hæfte

Titel

Grøn infrastruktur og bæredygtig vandhåndtering i byer: Erfaringer fra fem internationale foregangsbyer

Forfattere

Li Liu og Marina Bergen Jensen

Kildehenvisning

Liu, L. og Jensen, M.B. (2017). Grøn infrastruktur og bæredygtig vandhåndtering i byer: Erfaringer fra fem internationale foregangsbyer. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, Frederiksberg

Redaktion

Tilde Tvedt

Layout

Jette Alsing Larsen

Fotos og figurer

Fotos og figurer er udarbejdet af Li Liu, med mindre andet er angivet

ISBN

978-87-7903-762-5 (web)

Udgiver

Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet
Rolighedsvej 23, 1958 Frederiksberg C, www.ign.ku.dk

Hæftet kan downloades på www.ign.ku.dk

Forord

Dette hæfte præsenterer resultaterne fra forskningsprojektet “Potential of the eco-city concept globally and in Denmark: A comparative Sino-Danish study with focus on water and urban form.” (Eco-city konceptets potentiale globalt og i Danmark: komparativt dansk-kinesisk studie med fokus på vand og byens form). Projektet og denne rapport er finansieret af Realdania og Sino-Danish Centre for Education and Research. Et rådgivningspanel (se nedenfor) med medlemmer fra Danmark og Kina har fulgt projektet og bidraget med værdifulde diskussioner og kommentarer i forskellige faser af projektet. Forfatterne vil derudover gerne takke følgende medarbejdere fra forvaltningerne i de undersøgte byer for bidrag til projektet: Tan Nguan Sen fra Singapore’s National Water Agency (PUB), Department of Water Management fra Berlin Senate for Environment, Transport and Climate Protection, Berlin Senate for Urban Development and Housing, Julie Francis fra City of Melbourne, City of Philadelphia Water Department, Sino-Singapore Tianjin Eco-city Construction Bureau samt Ren Na fra Sino-Singapore Tianjin Eco-city’s administrationsselskab.

Li Liu og Marina Bergen Jensen

Rådgivningspanel

| | |
|-------------------------------------|--|
| Anders Edstrand | Københavns Kommune |
| Ezra Rémy, Jeanette Agertved Madsen | EnviDan International |
| Martin Vilhelmsen, Sonia Sørensen | Rambøll |
| Lars Skov Andersen | COWI; p.t. ChinaRM |
| Michael Royal Petersen | Erhvervsakademiet Lillebælt |
| Sisse Marie Rűsz, Morten Ȧrsager | Erik Møller Arkitekter |
| Anders Ulsted | Praksisarkitekter |
| Søren Smidt-Jensen | Dansk Arkitektur Center (DAC) |
| Ny Weisser Øhlenschlæger | Dansk Byplanlaboratorium |
| Qingyi Meng, Shuhan Zhang | Beijing Water Science and Technology Institute (BWSTI) |
| Xiaoxin Zhang | Beijing Municipal Institute of City Planning and Design |
| Jianqiang Lv | Beijing Institute of Landscape and Traditional Architectural Design and Research |
| Feng Li | China Academy of Science |

Indholdsfortegnelse

Del I: Baggrund

| | |
|--|----|
| På jagt efter inspiration | 6 |
| Byer, vandhåndtering og grøn infrastruktur | 6 |
| Overgang til bæredygtig vandhåndtering | 7 |
| Vurdering af aktuel status | 9 |
| Valg af byer og undersøgelsesmetoder | 9 |
| Opsummering af hovedresultater | 10 |
| Referencer Del I..... | 13 |

Del II: Byprofiler

| | |
|---------------------------------------|----|
| Singapore | 16 |
| Berlin | 20 |
| Melbourne..... | 24 |
| Philadelphia..... | 28 |
| Sino-Singapore Tianjin Eco-city | 32 |

Del I: Baggrund

På jagt efter inspiration

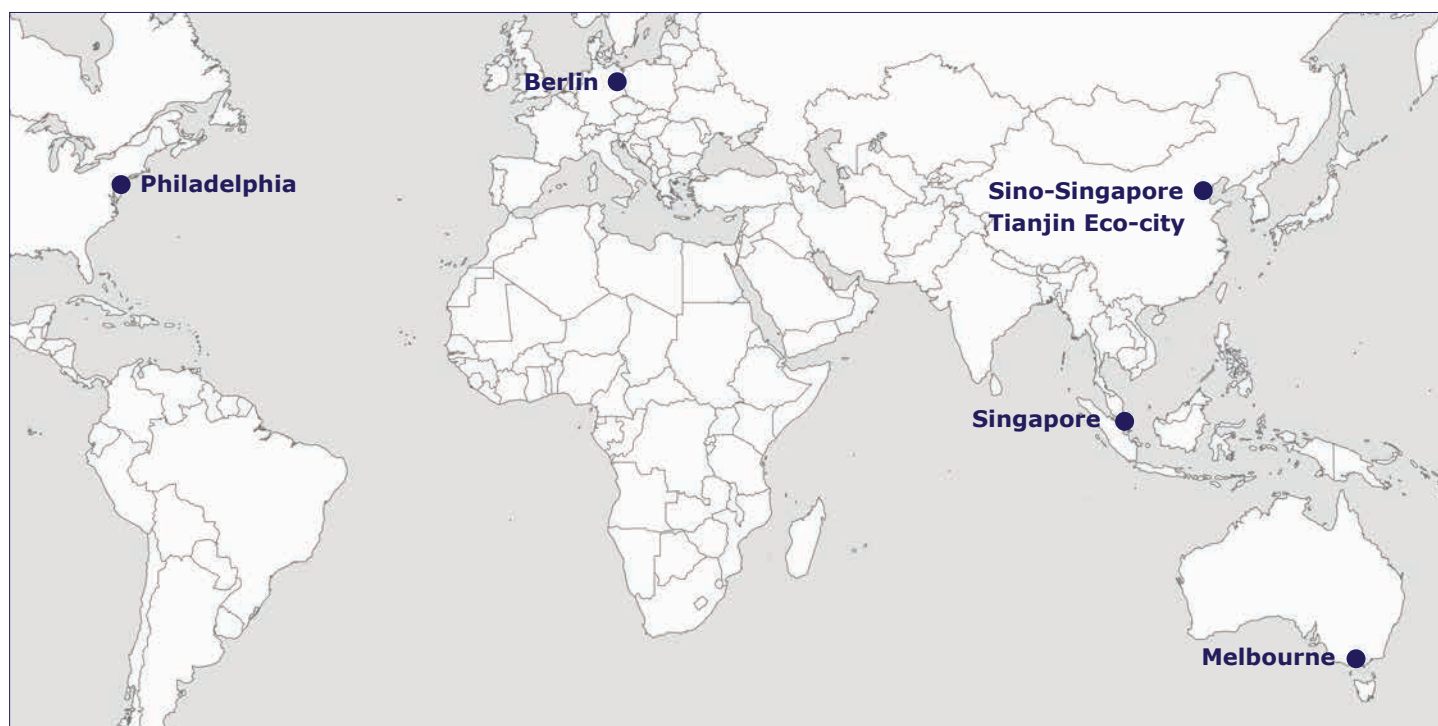
Udviklingen af bæredygtige byer har været på den politiske dagsorden i Danmark i en årrække. Alligevel er der ikke nogen stærk tradition for at se byens vandsystem som en helhed. Vandforsyningen håndteres stort set uden forbindelse til afvandingssystemerne. Det skyldes først og fremmest, at Danmark har så gode grundvandsforekomster at tage af. Til gengæld har vi stærke traditioner for at tænke på miljøet, når regnvand og spildevand udledes. Desuden er der en spirende tendens til at koble afvanding og klimatilpasning sammen med sociale, sundhedsmæssige og naturmæssige fordele. Men hvordan ser vandhåndteringen ud andre steder i verden? For at tage pulsen på andres erfaringer har vi undersøgt fem byer, der er kendt for en fremsynet forvaltning af vand og kan betragtes som foregangsbyer. Det drejer sig om Singapore, Berlin, Melbourne, Philadelphia og Sino-Singapore Tianjin Eco-city. Denne rapport giver et indblik i de fem byers vandhåndtering set fra både et teknisk og et socialt perspektiv. Vi fokuserer især på betydningen af den grønne struktur. Her ser vi på, om grønne områder indgår i vandhåndteringen, og undersøger, hvilke muligheder og udfordringer det giver.

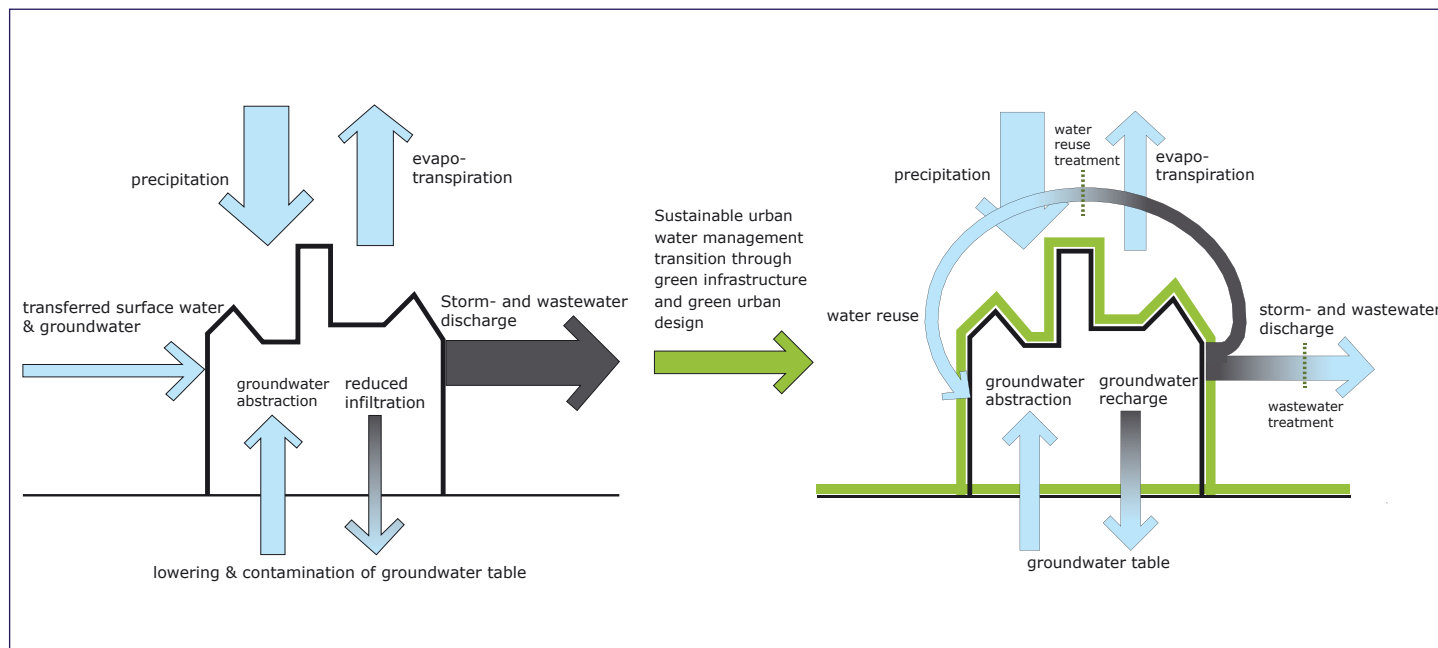
Byer, vandhåndtering og grøn infrastruktur

Problemer og muligheder

Byer er vigtige hot spots for bæredygtig udvikling i både positiv og negativ forstand. På den ene side bidrager byerne til de miljømæssige og klimatiske udfordringer, det globale samfund står over for. De trækker hårdt på ressourcer og udleder drivhusgasser. I forhold til ferskvand er byerne typisk storforbrugere på linje med landbrug og industri. Arealanvendelse og forurening påvirker desuden vandets kvalitet. På den anden side er det ofte i byerne, at innovationskraften er størst og ideerne til fremtidens løsninger opstår [1]. Australske forskere peger på, at bæredygtig vandhåndtering forudsætter, at vandsystemerne får en fremtrædende plads i byplanlægningen [2]. Det kræver, at planlægningen baseres på viden om byens naturlige vandforhold. Desuden er det vigtigt at koble vandhåndteringen med sociale aspekter, bl.a. for at understøtte bæredygtig brug af vand hos borgerne. Byens landskaber er en afgørende del af løsningen. De kan danne ramme om mange af de teknologier, der kan gøre byen robust i forhold til de klimaforandringer, som allerede har skabt usikkerhed i forhold til vandforsyningen.

Figur 1. Kort over de fem byer, der vurderes at være foregangsbyer i forhold til bæredygtig vandhåndtering (Udarbejdet af Christian Fertner).





Figur 2. Fra lineær (venstre) til cirkulær (højre) vandhåndtering ved hjælp af grøn infrastruktur og grøn byplanlægning.

Fra lineær til cirkulær

Grundprincippet i bæredygtig vandhåndtering er at mindske byens hydrologiske fodaftryk, dvs. trækket på og belastningen af ferskvandsressourcen. Det handler dels om at mindske vandspild og effektivisere vandforbruget, dels om at bruge regnafstrømning og genbruge spildevand til forsyningsformål. Desuden er det vigtigt at sikre ordentlig kvalitet i det vand, der forlader byen. Figur 2 illustrerer til venstre den typiske situation med lineære forsynings- og afvandingssystemer, der er 100 % adskilte. Til højre ses et cirkulært vandssystem, hvor regn- og spildevand indgår i forsyningen. Indvindingen af grundvand er i ligevægt med grundvandsdannelsen. Princippet om et cirkulært vandssystem kan i mange tilfælde gå hånd i hånd med at bruge byens landskab til håndtering af regnafstrømning (LAR). En grøn infrastruktur med plads til nedsivning og forsinkelse kan øge grundvandsdannelsen, og magasineringsvolumener kan kobles til vandforsyningen. Ved grøn infrastruktur forstås et mere eller mindre sammenhængende netværk af naturområder og andre grønne områder i byen. De udgør økosystemer, som mennesker og dyre- og plantelivet har gavn af [4].

Fordele i forhold til bæredygtighed

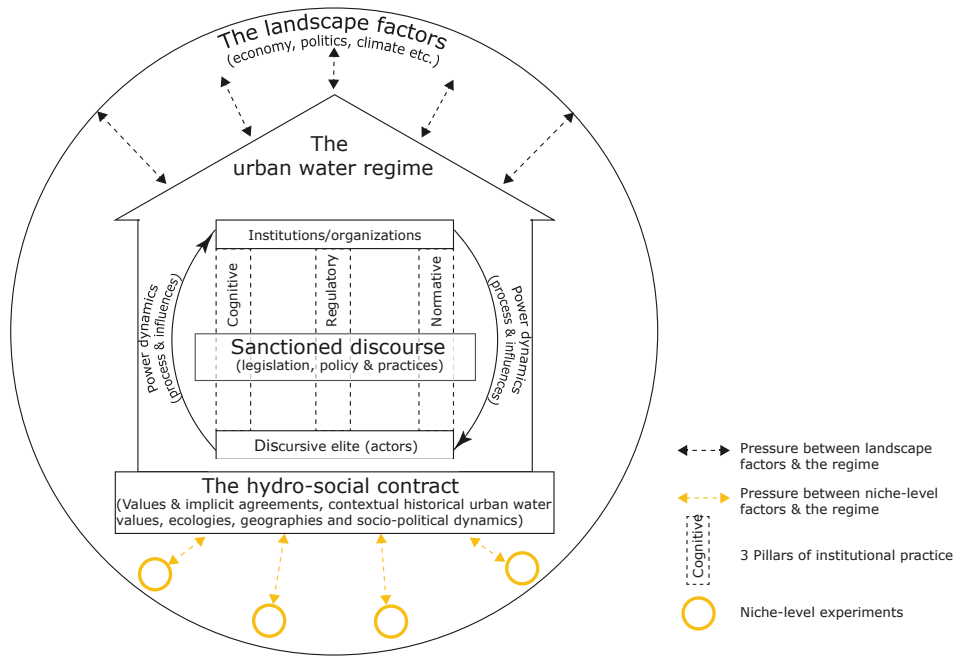
Et aktivt samspil mellem byens vand og byens landskab gennem en grøn infrastruktur kan forbedre byens bæredygtighed på en række punkter [5]. Hvis

regnafstrømning håndteres separat fra spildevandet, kan kloakoverløb mindskes. Hvis afstrømningen ledes til en grøn infrastruktur, kan oversvømmelser reduceres. Desuden forbedres kvaliteten af udledt vand, når regnafstrømning håndteres adskilt fra spildevand, og belastningen af renseanlæggene reduceres. En del af vandforsyningen kan baseres på opsamlet regnafstrømning og øget dannelse af grundvand. Samtidig kan en grøn infrastruktur gøre byen smukkere og mere attraktiv med nye muligheder for rekreation og sociale aktiviteter, f.eks. bylandbrug, ligesom luftkvaliteten kan forbedres, varmeeffekten mindskes, og støjgener reduceres. Endelig kan vilkårene for bynaturen forbedres, så det tab af natur, som urbanisering forårsager, kan kompenseres en smule.

Overgang til bæredygtig vandhåndtering

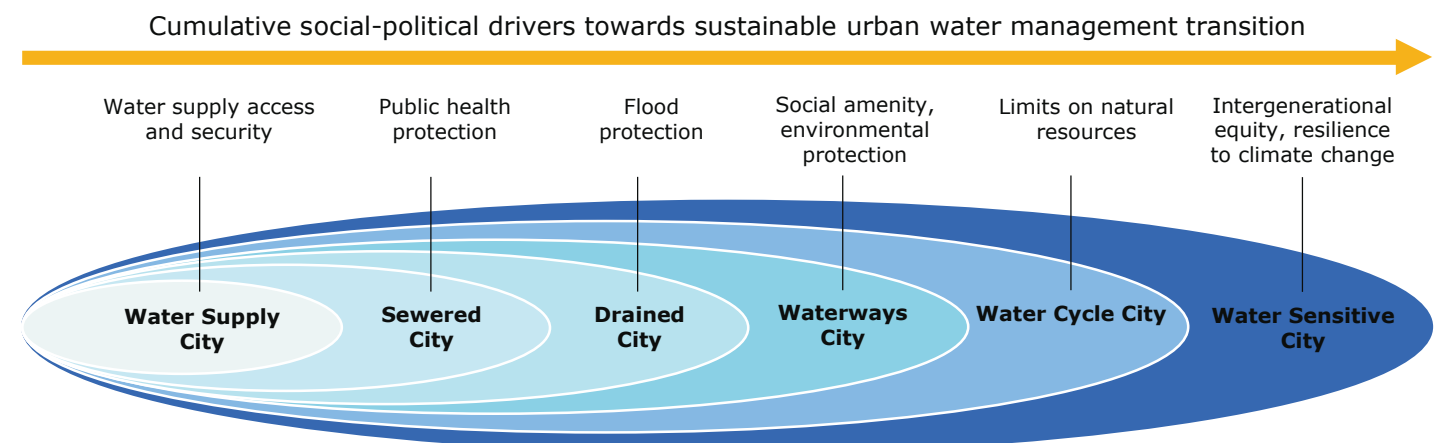
Omdannelse af store infrastrukturer som en bys vandforsynings- og afvandingssystemer er en kompleks proces, både teknisk og organisatorisk. Til at beskrive processen har teoretikere på området udviklet multi-level-perspektiv modellen, vist i figur 3. Her beskrives omdannelsesprocessen ved hjælp af tre niveauer. Landskabet er 'makro-niveaue',

der refererer til det ydre pres, der er årsagen til, at en omdannelse er nødvendig. I den aktuelle danske kontekst omfatter det klimaforandringer og borgernes ønsker om en grøn by med plads til natur, rent badevand, m.v. Regimet er 'meso-niveauet', der omfatter såvel den fysiske infrastruktur som de ansvarlige institutioner. I forhold til vandsystemer inkluderer dette niveau således rør, pumper, bassiner og renseanlæg m.v. plus de kommunale vandmyndigheder, forsyningsselskaber, miljøministeriet og øvrige professionelle aktører i vandsektoren. Regimet opererer ud fra den gældende tænkemåde, der er bestemt af lovgivningen, men også af normer og viden. Den måde, opgaven varetages på, hviler på en slags kontrakt med resten af samfundet, en hydrosocial kontrakt, der typisk har udviklet sig over lang tid. Nichen er 'mikro-niveauet', som er bud på svar på regimets udfordringer. Det vil sige innovative løsninger og alternative tilgange, der måske går hen og bliver del af fremtidens infrastruktur, men som endnu ikke er accepteret [8]. Koblingen mellem vandinfrastrukturer og grøn infrastruktur må i dag betegnes som en niche. Hvis denne tilgang skal blive del af den gældende tænkemåde (diskurs), skal praksis ændres inden for hver af de tre søjler i regimet: regler, normer og viden[9].



Figur 3. Model til forståelse for omdannelsen af byens vandinfrastrukturer. Regimet, det sørger for byens vandforsyning og afvanding, er vist som et hus. Taget bæres af tre søjler i form af viden, normer, og regler. Fundamentet er den kontrakt, regimet har med samfundet. Huset ligger i et landskab (cirklen), hvor der kan opstå forhold, der presser regimet til at ændre på den måde, tingene gøres på. Nye løsninger kan udvikles og afprøves af aktører uden for regimet (inkl. udlandet) og inden for regimet. Det betegnes nicher, så længe løsningen ikke er en del af regimets praksis (Mguni et al., 2015).

Figur 4. Hypotetisk overgangsforløb mod bæredygtig vandhåndtering i byer (tilpasset fra Brown et al., 2009). Water Supply City = by med vandforsyningssystem. Sewered City = by med kloaksystem. Drained City = by med drænsystem for regnafstrømning. Waterways City = by med et rent og rekreativt vandmiljø. Water Cycle City = by med recirkuleringssystemer. Water Sensitive City = by med systemer, der er robuste over for klimaforandringer og også kan forsyne fremtidige generationer med vand.



Vurdering af aktuel status

Til en start er det en god idé at gøre sig klart, hvor byen aktuelt befinder sig i forhold til bæredygtig vandhåndtering. Brown et al. [9] har udviklet en model (se figur 4) med seks udviklingsstadier, der kan bruges til at beskrive niveauet. Modellen baserer sig på forskning i den historiske udvikling af vandsystemer i australske byer. Første niveau handler om en sikker vandforsyning. Når det er på plads, handler andet niveau om håndtering af spildevand, dvs. sikre ordentlige sanitære forhold, så byens borgere ikke bliver syge. Tredje niveau er håndtering af regnafstrømning, så vand på terræn og oversvømmelser undgås. Fjerde niveau handler om miljøbeskyttelse, dvs. rensning af spildevand, herunder regnafstrømning, og rekreativ brug af vandressourcen, f.eks. rent fiskevand og badevand. På femte niveau handler det om at tage hånd om den samlede vandressource, undgå forurening og undgå

overudnyttelse. På sjette og sidste niveau handler det om at sikre vand til fremtidige generationer og robusthed i forhold til klimaforandringer. Byer i velstillede lande har typisk gennemført de tre første stadier, mens det ikke er tilfældet for byer i udviklingslande. De tre sidste stadier repræsenterer udviklingen i retning af bæredygtig vandhåndtering. Det kan være svært at sammenligne byer direkte, fordi forudsætningerne er forskellige. Modellen giver en mulighed for at blive klogere på graden af bæredygtighed ved at se på flere byer samtidig og sammenligne niveauer.

Valg af byer og undersøgelsesmetoder

Vi har set nærmere på fem byer, der kan betragtes som foregangsbyer. På baggrund af litteratur, søgning på nettet, internationale konferencer og personlige

| | Singapore | Berlin | Melbourne | Philadelphia | Tianjin Eco-city |
|---|---|---|--|---|---|
| Areal (km ²) | 719 | 899 | 37.6 | 367 | 34 |
| Befolkningsstørrelse (mio.) | 5,6 | 3,5 | 0,13 (2015) | 1,6 (2013) | 0,35 (planlagt) |
| Kort om byens vandsystem | Nedbør 2343 mm; begrænset areal giver begrænset vandopland, ingen grundvandsmagasin, oversvømmelse, sanitære forhold og forurening i tidligere år | Nedbør 600 mm; ingen floder har vandføring nok til at bidrage til vandforsyningen eller fortynde spildevand; kloakoverløb til floder | Nedbør 650 mm; salt og højtliggende grundvand; klimaforandringer reducerer mængden af naturligt tilgængeligt vand, hedebløjer og 13 års tørke | Nedbør 1055 mm; lovgivning og politikker på statsniveau kræver at kloakoverløb reduceres for at beskytte kvaliteten af vandløb og søer | Nedbør 603 mm; saltholdig jord og salt grundvand, store kunstigt skabte grønne arealer og vådområder; store ambitioner for bykvalitet (liveability) samtidig med at resourcer bevares |
| Karakteristika som case-område | Urbaniseret ø-stat med begrænset vandindvindingsmuligheder i forhold til befolkningens størrelse; fortsat mål om selvforsyning | Hovedstad med mulighed for at importere vand uden for bygrænsen men har valgt at være selvforsynende med vand indvundet inden for bygrænsen | Placeret på kysten, nedstrøms for en flod; grundvandet uegnet til forsyning; regnafstrømning fra byen forringer økologien i ferskvandssystemerne; sigter mod bæredygtig vandhåndtering af byens vand | Anerkendt for avanceret politik for håndtering af regnafstrømning, der bygger videre på erfaringer fra Portland og Seattle; primært formål reducere kloakoverløb, hvilket er krævet på føderalt niveau gennem the Clean Water Act | Opføres på tidligere industriområder; vandforsyningen kommer fra nabobyen; store ambitioner for genbrug af vand, primært til vanding af kunstigt skabte blå-grønne områder |
| Primære reference, informanter* og dokumenter | [11]; [12]; [13]; [14]; * PUB (Singapore's National Water Agency); * NParks (Singapore's National Parks Board) | [15]; [16]; [17]; * BSETCP (Berlin Senate for Environment, Transport and Climate Protection); * BSUDH (Berlin Senate for Urban Development and Housing) | [18]; [19]; [20]; * City of Melbourne | [21]; [22]; [23]; [24]; * PWD (Philadelphia Water Department) | [25]; [26]; * SSTEBC (Sino-Singapore Tianjin Eco-city Construction Bureau); * the Eco-city's construction-projects management company |

netværk lavede vi en liste over byer med interessante tilgange til vandhåndtering. Ud fra listen valgte vi fem til nærmere undersøgelse. Det blev til fire eksisterende byer, nemlig bystaten Singapore, Berlin i Tyskland, Melbourne i Australien, og Philadelphia i USA samt Tianjin Eco-city i Kina, der er under opførelse. Byerne repræsenterer en bred geografisk fordeling inden for økonomisk velstillede byer, og det var muligt at skaffe data om dem. Tabel 1 præsenterer de fem byer med tilhørende vandsystemer, deres karakteristika og de væsentligste kilder til information. Figur 5 viser de fem byer på hver sit kort, der viser byens form, placering i det omgivende landskab og det undersøgte område.

Data blev indhentet fra åbne kilder, herunder byernes officielle hjemmesider, offentliggjorte planer, strategier og artikler. For at validere data og indhente oplysninger om praksis sendte vi et online-spørgeskema til de relevante ledere i forvaltningen i hver by i løbet af foråret og sommeren 2015. Spørgeske-

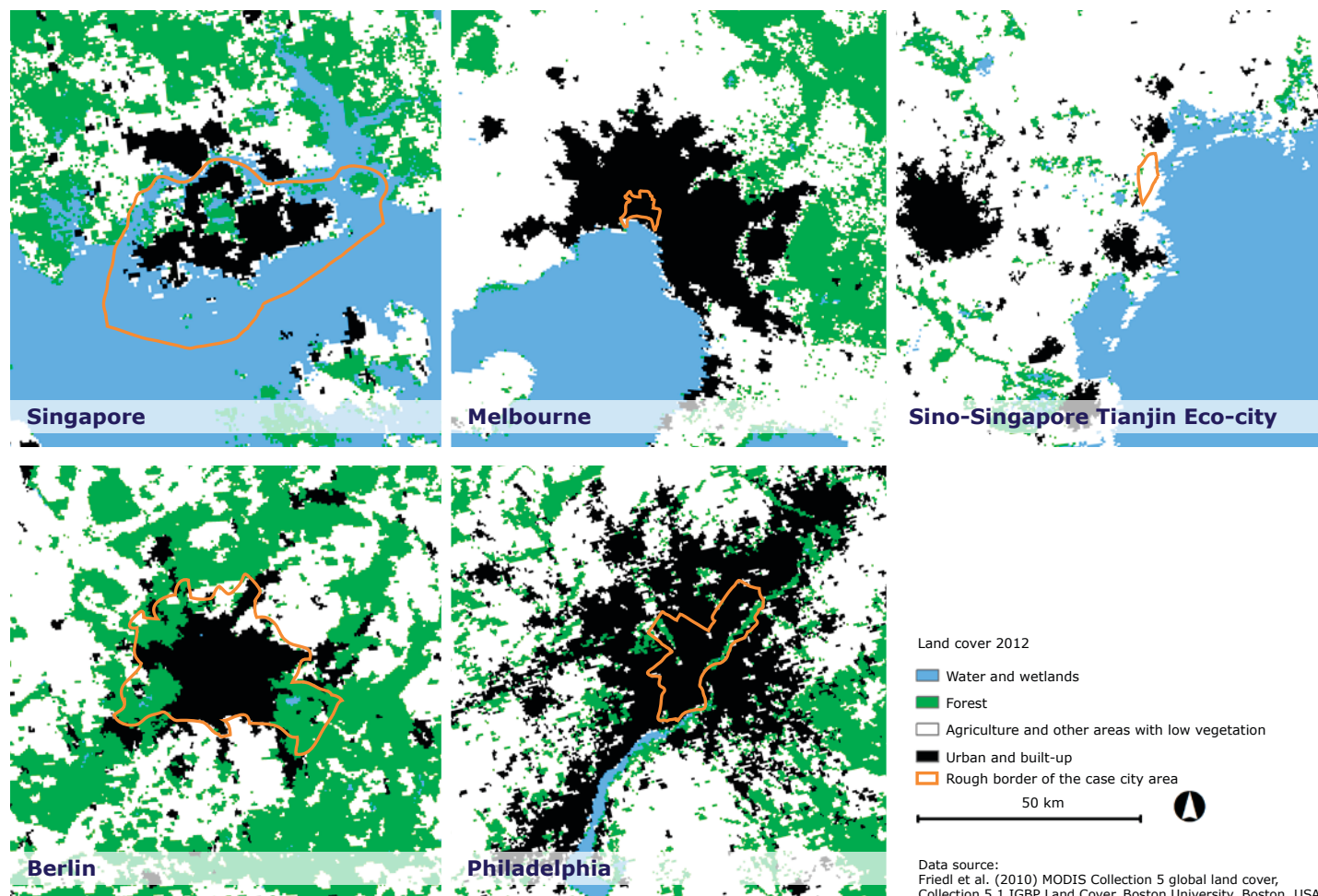
maerne blev fulgt op med interviews og emails, hvor der var behov for præcisering. Efterfølgende blev data analyseret ud fra "multi-level perspective" modellen i figur 3. Landskabsfaktorer blev afdækket ved at beskrive tilstand og udfordringer ved vandsystemerne. Regimets gældende diskurs blev tolket ud fra mål og strategier for byens vandsystemer og for grøn infrastruktur. Aktiviteterne på niche-niveau – brug af grøn infrastruktur i håndteringen af byens vandsystemer – blev fundet ved at beskrive konkrete anvendelser og spørge ind til barrierer. Hver by blev placeret ind i modellen for niveauer på vejen mod en bæredygtig vandhåndtering (jf. figur 4).

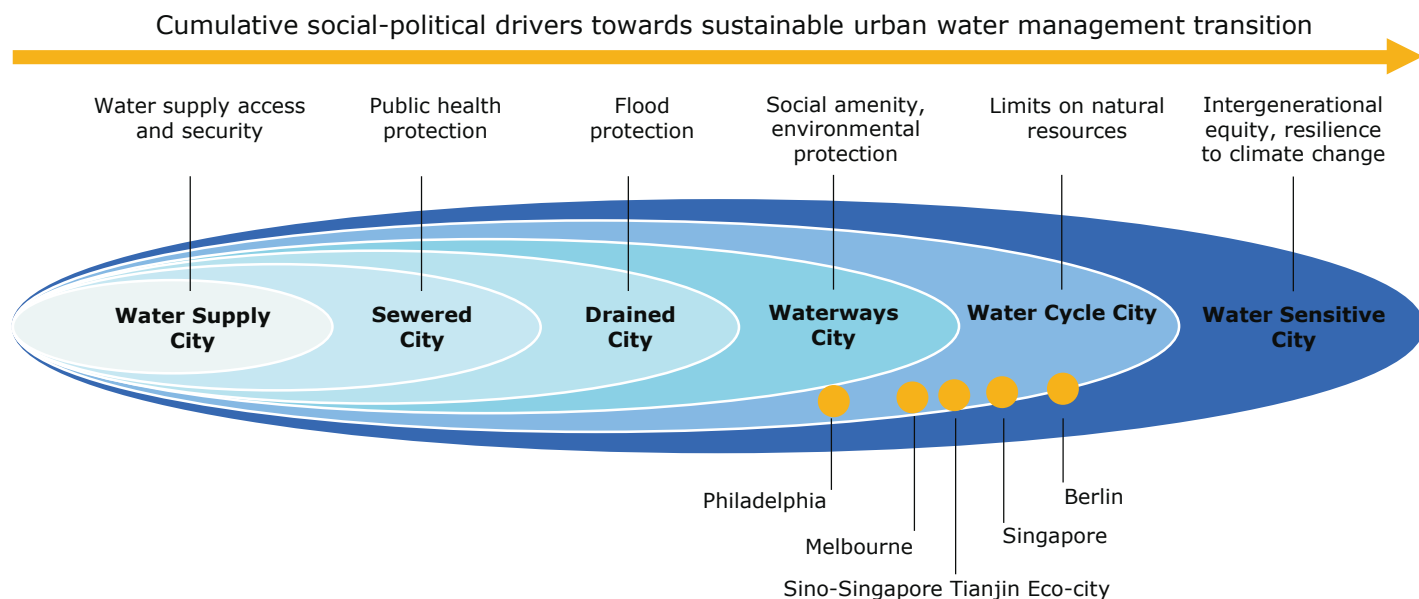
Opsummering af hovedresultater

Udfordringer er drivkraft

Alle fem byer står over for udfordringer enten i form af sikring af vandforsyningen

Figur 5. De fem undersøgte byers beliggenhed i forhold til deres byregion (Udarbejdet af Christian Fertner).





Figur 6. Tilstanden for hver af de fem undersøgte byer, baseret på modellen for overgang til bæredygtig vandhåndtering i byer (Brown et al., 2009).

eller miljøbeskyttelse af søer og vandløb. Risiko for oversvømmelse optrådte kun som en mindre eller begyndende trussel. Disse udfordringer har været drivende for udviklingen, hvilket afspejler sig i byernes udviklingsmål. Singapore og Berlin bruger grøn infrastruktur i stor skala til at indsamle og behandle regnafstrømning og rensed vand til brug i vandforsyningen. Philadelphia sigter mod at forbedre kvaliteten af overfladevand ved hjælp af grøn infrastruktur. Melbourne og Tianjin Eco-city bruger sekundavand til vanding af offentlige grønne områder for at reducere forbruget af drikkevand.

Grøn infrastruktur kan spille aktiv rolle

Grøn infrastruktur spiller i dag kun en rolle i visse aspekter af vandhåndteringen i de fem byer. Alligevel viser de ansvarlige parter (regimet) indstilling, at der er et ønske om at skrue op for den grønne infrastrukturens rolle. Den grønne infrastruktur bruges allerede til at opsamle, lagre og rense regnvand til offentlig vandforsyning og til at forbedre den lokale vandbalance. De mest omfattende løsninger er Singapores brug af parker som reservoir for vandforsyningen og forebyggelse af oversvømmelse (figur 7), Berlins system til infiltration langs flodbredden for at styrke grundvandsdannelsen, Melbournes parker, hvor alt vandingsvand hentes fra

andre kilder end drikkevandsforsyningen, Philadelphias greened-acre program, og Tianjin Eco-city's konstruerede vådområder til vandrensning og rekreation (figur 28).

Generelt synes grøn infrastruktur at have potentiale til at integrere vandforsyning og forebyggelse af oversvømmelser og at kombinere løsninger med øget rekreation, biodiversitet og miljøbeskyttelse. Grøn infrastruktur bidrager desuden til et positivt image med fokus på kulturelle værdier og grøn identitet, der er med til fremme vækst og tiltrække nye virksomheder og borgere.

Opskalering af løsninger

Alle fem byer har strategier for opskalering af grønne infrastrukturløsninger, så de kommer til at dække hele byen. Alle har gennemført pilotprojekter (niche-aktiviteter), primært på offentlige arealer. Motivationen til løbende udvikling kommer fra de ansvarlige parter selv i et forsøg på at håndtere de nævnte udfordringer. Pilotprojekterne har som sidegevinst medført et relativt stærkt samarbejde mellem de sektorer i byens forvaltninger, der har med vand, grønne områder og planlægning at gøre. Forvaltningerne har igangsat en række initiativer for at motivere virksomheder og borgere

til at udvikle og gennemføre niche-aktiviteter. Det skal samtidig fremme en fælles ansvarsfølelse for byens vandsystemer, hvilket kan ses som et nyt lag i den hydro-sociale kontrakt mellem de ansvarlig og samfundet (figur 3).

Barrierer for grøn infrastruktur

Alle fem byer har oplevet institutionelle hindringer for vandhåndtering baseret på grøn infrastruktur. Barriererne spænder fra vanskeligheder med at få samarbejdet i gang mellem sektorer og med aktører til mangel på erfaring med at udvikle og vedligeholde den grønne infrastrukturens nye funktioner. De fleste byer oplevede desuden begrænsninger relateret til pladsforhold i byen og økonomi. Andre studier viser, at barriererne for samarbejde bliver mindre, når ansvarsfordelingen blandt regimets aktører er afklaret, og når man skaber incitament gennem klare mål. Det er også en fordel med gode vilkår for udvikling af samarbejde på tværs, klar økonomisk fordeling og gode metoder til privat-offentligt samarbejde [27] [28]. Af hensyn til den langsigtede succes er det vigtigt at afsætte tid og ressourcer til at dokumentere nye løsninger og samle op på erfaring, så viden kan deles og nye

løsninger udvikles [6]. Tid er imidlertid en kritisk faktor, da både urbanisering og klimaforandringer sker med stor hast.

Hvor tæt er de fem byer på bæredygtig vandhåndtering?

Ingen af de fem byer i dette projekt kan siges at være på det højeste niveau i udviklingsmodellen i figur 4. Byerne befinder sig alle et sted mellem niveau 4, dvs. byer med fokus på et rent vandmiljø, og niveau 5, dvs. byer med recirkulerings-systemer – se figur 6. Dog var byernes profiler forskellige i forhold til, i hvilken grad vandforsyningen baseres på lokalt fornybare kilder (niveau 5). Her må Berlin – med en vandforsyning, baseret på indvinding inden for bygrænsen – siges at være en helt igennem 'Water Cycle City', og Singapore er godt på vej. Melbourne og Tianjin Eco-city har vedtaget politikker, som skal forbedre den lokale vandbalance, men de er stadig stærkt afhængige af vandressourcer uden for byen. Philadelphia har ikke noget klart mål om at blive en 'Water Cycle City'. Ingen nærmede sig niveau 6 'Water Sensitive City', da klimatilpasning stadig ikke fylder meget i de fem undersøgte byer.

Referencer Del I

- [1] Grimm, N, Faeth, S H, Golubiewski, N E, Redman, C L, Wu, J, Bai, X, and Briggs, J M (2008):
Global change and the ecology of cities. *Science* 319(5864), 756–760.
- [2] Wong, T H F, and Brown, R R (2009):
The water sensitive city: principles for practice. *Water Science & Technology* 60(3), 673–682.
- [3] Fletcher, T D, Shuster, W, Hunt, W F, Ashley, R, Butler, D, Arthur, S, Trowsdale, S, Barraud, S, Semadeni-Davies, A, Bertrand-Krajewski, J-C, Mikkelsen, P S, Rivard, G, Uhl, M, Dagenais, D, and Viklander, M (2015):
SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal* 12(7), 525–542.
- [4] Benedict, M, and McMahon, E (2006):
Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities, Island Press, London.
- [5] Liu, L and Jensen, M B (2017):
Climate resilience strategies of Beijing and Copenhagen and their links to sustainability. *Water Policy* 19, 997–1013.
- [6] Geels, F W, and Schot, J W (2007):
Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36, 399–417.
- [7] Mguni, P (2015):
Sustainability transitions in the developing world: exploring the potential for integrating sustainable urban drainage systems in Sub-Saharan cities. PhD dissertation. University of Copenhagen, Copenhagen.
- [8] Mguni, P, Herslund, L, and Jensen, M B (2015):
Green infrastructure for flood-risk management in Dar es Salaam and Copenhagen: exploring the potential for transitions towards sustainable urban water management. *Water Policy* 17, 126–142.
- [9] Brown, R R, Keath, N, and Wong, T H F (2009):
Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science & Technology* 59(5), 847–855.
- [10] Lundqvist, J, and Turton, A (2001):
Social, institutional and regulatory issues. In: Maksimović Č and Tejada-Guibert J A (Eds), *Frontiers in Urban Water Management: Deadlock or Hope*. IWA Publishing, London.
- [11] MOHURD (Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the P. R. China) (2014):
(Technical Guide for Sponge City Development - Construction of low-impact development stormwater systems (Trial)). www.mohurd.gov.cn. Accessed 1 June 2016.
- [12] PUB (Singapore's National Water Agency) (2013):
Our water, our future. www.pub.gov.sg. Accessed 1 September 2014.
- [13] PUB (2016a):
Our water, our future. www.pub.gov.sg. Accessed 1 November 2016.
- [14] PUB (2016b):
Active, Beautiful, Clean Waters Programme. Certified projects 2010–2016. www.pub.gov.sg. Accessed 15 December 2016.

- [15] *BSUDH (Berlin Senate for Urban Development and Housing) (2007):*
Innovative water concepts: Service water utilization in buildings. Berlin Senate for Urban Development, Berlin.
- [16] *BSUDH (Berlin Senate for Urban Development and Housing) (2010):*
Rainwater management concept: Greening buildings, cooling buildings. Berlin Senate for Urban Development and Housing, Berlin.
- [17] *Salian, P, and Anton, B (2011):*
Making urban water management more sustainable: Achievements in Berlin, A case study investigating the background of and the drivers for sustainable urban water management in Berlin. www.switchurbanwater.lboro.ac.uk. Accessed 1 March 2015.
- [18] *City of Melbourne (2014):*
Total watermark – city as a catchment (updated 2014). www.melbourne.vic.gov.au. Accessed 1 September 2015.
- [19] *City of Melbourne (2015):*
Elizabeth Street catchment integrated water cycle management plan. www.urbanwater.melbourne.vic.gov.au. Accessed 1 September 2016.
- [20] *City of Melbourne (n.d.)*
Urban water website. Accessed 1 September 2016.
- [21] *City of Philadelphia (2009):*
Greenworks Philadelphia. Mayor's Office of Sustainability. www.greenworksphila.org. Accessed 18 March 2015.
- [22] *NRDC (National Resources Defense Council) (2011):*
Philadelphia, Pennsylvania – A case study of how green infrastructure is helping manage urban stormwater challenges. www.nrdc.org. Accessed 30 January 2015.
- [23] *PWD (Philadelphia Water Department) (2011):*
Green city, clean waters – The City of Philadelphia's program for combined sewer overflow control (Amended). Program summary. www.phillywatersheds.org. Accessed 21 August 2014.
- [24] *PWD (n.d.)*
What we're doing. www.phillywatersheds.org. Accessed 21 August 2014.
- [25] *SSTEa (Sino-Singapore Tianjin Eco-city Administration) (2008) (Draft):*
Master plan of Sino-Singapore Tianjin Eco-city (2008–2020). SSTEa, Tianjin
- [26] *SSTEa (n.d.)*
SSTEa's official website, www.eco-city.gov.cn. Accessed 12 March 2014.
- [27] *Kennedy, S (2011):*
Stakeholder management for sustainable development implementation: The case of a sustainable urban drainage system. *Social and Environmental Accountability Journal*, 31(2), 139–153, DOI: 10.1080/0969160X.2011.593818
- [28] *Lund D H, and Vaaben, N K (2014):*
Offentligt-privat innovationssamarbejde: Konkurrence og alliance. (Public-private partnership in innovation: competition and alliance). In: Aagaard, P, Sørensen, E, and Torfing, J (eds), *Samarbejdsdrevet Innovation i praksis*. Djøf / Jurist- og Økonomforbundet. In Danish.

Del II:

Byprofiler

Singapore



Byens vandhåndtering

Med hav på alle sider, ingen naturlige grundvandsforekomster og stor befolkningstæthed er Singapores ferskvandsres-source kritisk trods regionens rigelige nedbør. Singapore har igennem de sidste 50 år udviklet en vandforsyning på basis af fire vandkilder, kaldet de Fire Nationale Vandhaner: regnafstrømning, importeret vand, rensat vand (NEWater) og afsaltet havvand. Regnafstrømning opsamles i dag fra to tredjedele af Singa-

pores areal og magasineres i 17 vandforsyningsreservoirer. Udviklingen inden for membranteknologi har gjort det muligt at omdanne spildevand og regnafstrømning fra byområder til drikkevand, der lever op til WHO-standard. NEWater blev indført i 2003 og bruges primært til industrielle formål og afkøling. I tørtiden opspæder vandværkerne dog vandet fra de 17 forsyningsreservoirer med NEWater. Siden 2005 har Singapore også brugt afsaltet havvand som del af drikkevandsforsyningen. PUB, Singapores

Figur 7. Singapores Marina Barrage (dæmning) og Marina Reservoir, der kombinerer beskyttelse mod oversvømmelser og sikring af vandforsyning med sociale og kulturelle funktioner. Diverse attraktioner og rekreative områder gør dæmningen til en populær park.

| Byens status | Singapore er en bystat |
|--|--|
| Byens areal(km ²) | 719 |
| Befolkning (mio.) | 5,6 (2015) |
| Andel af grøn infrastruktur og friarealer | 10 % (parker og naturområder) |
| Årlig nedbør (mm) | 2.343; fordelt jævnt over hele året |
| Vigtigste overfladevand og betydning for forsyningen | To tredjedele af Singapores areal udnyttes til opsamling af regnafstrømning |
| Anerkendelse for bæredygtighed | Førsteplads blandt 22 store asiatiske byer i Siemens' Green City Index for Asien i 2011 Fjerdeplads i 2014 i FN's Environmental Performance Index |

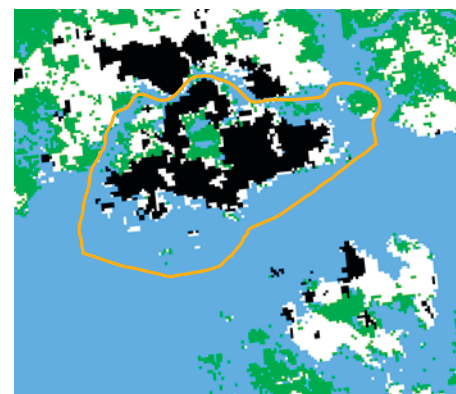


Illustration: Christian Ferner



Figur 8. Kallang-floden, Bishan-Ang Mo Kio Park. Parken er blevet omdannet, så den regulerede flod Kallang er blevet mere naturlig med svingende vandstand, hvilket giver mulighed for en stærkere strøm, så floden kan slå flere bugter og tilføje parken ekstra kvaliteter.

| | 2015 | 2030 | 2060 |
|---|--------------|-------------------|------------------|
| Husholdningernes vandforbrug (liter pr. person pr. dag) | 151 (i 2012) | 140 | - |
| Byens vandbehov (millioner liter pr. dag) | ~1995 | Stiger 25 % | Næsten fordoblet |
| Fordeling af vandbehov: Husholdninger/ øvrige | 45/55 | 40/60 | 30/70 |
| Indvindingsopland ift. byens totale areal | 67 % | Intet bestemt mål | 90 % |
| Andel af NEWater i forsyningen | 30 % | 50 % | 55 % |
| Andel af afsaltet vand i forsyningen | 25 % | 30 % | 30 % |

Tabel 2: Status og mål for vandforsyningen (Our Water Our Future, 2016).

ationale vandmyndighed, er det eneste vandforsyningsselskab i landet. PUB administrerer vandforsyning, afvanding og spildevand i en integreret helhed.

Aktuelle udfordringer i forhold til vand

- Med landets fortsatte økonomiske og demografiske vækst forventes vand efterspørgslen at stige. Samtidig med, at byen udvider vandinfrastrukturen for at følge med efterspørgslen, er der behov for vandbesparende foranstaltninger for at sikre tilstrækkelig vandforsyning.
- Det lokale vejr er blevet mere uberegneligt med tørkeperioder, der kan strække sig over flere uger. Derudover udgør stadig mere intense skybrud en stigende udfordring for afløbssystemerne.

øen til at bruge havvand i stedet for ferskvand til køling.

- Afsaltning af mere havvand: Byen vil fortsætte med at investere i forskning og teknologi for at finde bedre og billigere metoder til afsaltning.
- Kombinere udbygningen af regnopsamlingssystemer med forbedringer i byens økonomiske og miljømæssige status. Det kan fx ske ved at styrke de rekreative områder med nye rum til fritidsaktiviteter og ophold.
- For at forberede Singapore på klimaforandringer er byen begyndt at vurdere forsyningssystemernes klimasårbarhed. Byen vil fremover satse mere på vejrrobuste kilder som NEWater og afsaltning.

For at reducere oversvømmelsesrisici har PUB vedtaget en helhedstilgang til håndtering af regnafstrømning (Source-Pathway-Receptor), omfattende de områder, der genererer afstrømning (Source), systemer til transport og bortledning af vandet (Pathways), og områder til modtagelse af vandet (Receptors).

Overordnede strategier for byens vandhåndtering

Singapores vandforsyningsstrategi omfatter følgende (Se også tabel 2):

- Opsamling af regnafstrømning: Byen har planer om at udvide det område, der opsamles regnafstrømning fra. Ambitionen er at gå fra de nuværende 2/3 til 90 % af det samlede areal.
- Genbrug af vand: Vand kan altid renses og behandles, så det kan bruges igen. Med det som afsæt vil byen øge genbrug af vand ved at skruer op for rensning af spildevand fra separate industrielle kilder til brug som sekundært vand. Desuden vil man øge andelen af spildevand fra rensningsanlæg, der bliver til NEWater. For at begrænse efterspørgslen på ferskvand opfordres virksomheder langs kysten på Jurong-

Vandhåndtering og grøn infrastruktur

Singapore arbejder med en integreret tilgang til vand og byplanlægning, og grøn infrastruktur spiller en forholdsvis stor rolle. Den grønne infrastruktur ses som en mulighed for at forbedre vandkvaliteten ved hjælp af forskellige naturlige rensningsmekanismer. Den kan også bidrage kvantitativt ved at reducere spidsbelastninger i afstrømningen. Desuden bidrager den grønne infrastruktur til at skabe interessante rekreative områder og integrerer det grønne med det blå.

»The Active, Beautiful, Clean Waters (ABC Waters) Programme«

Siden 2006 har Singapore udviklet et omfattende netværk af omkring 8.000 km vandveje og 17 reservoirer. »The Active, Beautiful, Clean Waters Programme« blev lanceret i 2006 med det formål at omlægge Singapores vandveje og reservoirer, så de ikke kun har en teknisk nyttefunktion, men også bidrager til at gøre byen attraktiv i bredere forstand. Ambitionen er at opnå smukke og rene vandløb, floder og søer og en levende by under overskriften »The City of Gardens and Water«. Byen har identificeret mere end 100 områder, der skal omdannes inden 2030.

Filosofien er at når man bringer borgere og lokalsamfund tættere på vandet, stiger deres bevidsthed om og engagement i vand. De sætter større pris på overfladevand og bidrager til at holde det rent. »The ABC Waters Design Guidelines« blev introduceret i 2009 og er løbende opdateret siden. Den aktuelle version beskriver regnhaver, lavtliggende græsarealer til vandopsamling, regnvandsbassiner, grønne tage og vådområder til retention (permanent tilbageholdelse via nedsivning, fordampning og forbrug) og detention (midlertidig tilbageholdelse) af regnafstrømning.

PUB arbejder sammen med National University of Singapore på at videreudvikle »The ABC Waters Programme«, sådan at det passer endnu bedre til de lokale forhold. I 2010 lancerede PUB »The ABC Waters Certification«, der giver mulighed for at certificere offentlige myndigheder og private bygherrer, der anvender ABC Waters koncepter i deres projekter. Disse projekter kaldes »ABC Waters-certificerede« projekter.

Håndtering af regnafstrømning ved kilden

Singapores kodeks for overfladeafvandning »Code of Practice (COP) on Surface Water Drainage« (revideret i 2013) kræver, at bygherrer bruger lokal retention og detention for at reducere afstrømningen fra nye byggerier til det offentlige afløbssystem.

Byggeprojekter på 0,2 ha eller mere er forpligtet til at håndtere regnafstrømning ved hjælp af tanke og/eller ved at følge ABC Waters designmodeller. Tanke e.l. kan være placeret på toppen af bygninger, på jordoverfladen eller under jorden, evt.



Figur 9. Sungei Tampines. Grønne områder har nu erstattet de tidligere flodbredder af beton, og nye stier og pladser gør det muligt for beboere at komme tættere på floden.

under brugsarealer som legepladser eller parkeringspladser. Hvis ABC Waters-retningslinjer følges, vil retentions- og/eller detentionselementerne både bidrage til at reducere afstrømningspeak til det offentlige afløbssystem og sørge for delvis rensning af tilbageholdt regnafstrømning, inden det udledes. Eksempelvis kan et regnbed rense regnafstrømningen, før vandet ledes til tank, så det kan bruges som sekundavand i bygningen.

Realiserede grønne løsninger og oplevede barrierer

Singapore implementerer primært grøn infrastruktur gennem »The ABC Waters Programme«, »The ABC Waters Design Guidelines«, og »The Code of Practice on Surface Water Drainage«. Demonstrationsprojekter, der bygger på forskning og udvikling, danner grundlag for nye initiativer i byplanlægningen og lokal tilpasning af ABC Waters-modeller. Erfaring og viden fra disse demonstrationsprojekter opsamles systematisk og bruges i senere

projekter. I begyndelsen af 2000'erne gjorde et paradigmeskift i vandhåndteringen offentligheden til en slags vogtere af vandressourcerne. Vandområder blev åbnet for offentligheden til rekreativt brug. Der blev desuden lagt mere vægt på at få offentligheden til at opleve vandet og lære mere om dets betydning. Et såkaldt 3P-netværk (public-private-people) blev dannet for at styrke vandforvalternes samspil med den brede offentlighed.

Også i byggeprojekter har Singapore siden starten af 2000'erne fokuseret på at engagere borgerne. De forskellige offentlige myndigheder har arbejdet tæt sammen i mange år. I 2004 indførte man en »no-wrong-door policy« for at tilskynde den statslige administration til at håndtere henvendelser fra borgerne seriøst og såvidt muligt i den enhed, der modtog henvendelsen. Den nye politik skulle også tilskynde til at dele og forstå andre forvaltningsansvar.

Gennem samarbejdet om »The ABC Waters Programme« har PUB og andre myndigheder som fx »The National Parks Board«, »Urban Redevelopment Authority« og »The Housing and Development Board« udviklet en bedre gensidig forståelse og bedre tilrettelæggelse af arbejdet. De offentlige myndigheder står i spidsen for forskning, tester innovative idéer og udvikler mange grønne initiativer og politikker. PUB tilskynder også eksterne landskabsarkitekter og entreprenører til at generere nye innovative ideer til grøn vandhåndtering i byen.



Figur 10. Sengkangs flydende vådområde i Punggol-reservoiret. Vådområdet forventes at rense vandet og udvikle sig til et levested for fugle og fisk. Promenade-gangene bringer folk tættere på vandet, så de bedre kan nyde den naturskønne udsigt og lære noget om vådområdets økosystem.

Større initiativer

- ABC Waters Programme og ABC Waters Certification. I 2016 var 41 projekter ABC Waters-certificeret.
- Udvikling af retningslinjer som fx ABC Waters Design Guidelines.
- Revision af kodeks for overfladeafvanding, Code of Practice (COP) on Surface Water Drainage (COP).
- Tværsektoriel indsats og involvering af interessenter gennem programmer, retningslinjer, demonstrationsprojekter, opmærksomhedsskabende kampagner og prisuddelinger.

Tekniske barrierer for grønne løsninger

- Vandinfrastruktur konkurrerer med andre af byens faciliteter og rekreative områder om begrænset plads.
- Grønne løsninger opfattes som dyre og får dermed lavere prioritet i forhold til mere tekniske løsninger.
- Udvikle retningslinjer for udformning af anlæg, der kan fungere i lokalmiljøet.

Institutionelle barrierer

- Skel mellem de forskellige myndigheder begrænser samarbejdet om udvikling af fælles vandhåndteringsstrategier og -projekter.

Beslutninger om grøn infrastruktur er normalt mest effektive, når der er tale om top-down politiske beslutninger fra centralt hold. Men Singapores forvaltninger er blevet mere tilbøjelige til at arbejde sammen som følge af deres erfaringer fra ABC Waters-projekter.

Yderligere links og henvisninger

Ministry of the Environment and Water Resources and Ministry of National Development (2009). A lively and liveable Singapore: strategies for sustainable growth. www.nccs.gov.sg. Accessed 1 September 2014.

PUB (Singapore's National Water Agency) (2013) Our water, our future. www.pub.gov.sg. Accessed 1 September 2014.

PUB (2016a) Our water, our future. www.pub.gov.sg. Accessed 1 November 2016.

PUB (2016b) Active, Beautiful, Clean Waters Programme. Certified projects 2010–2016. www.pub.gov.sg. Accessed 15 December 2016.

Wikipedia (2015). Water supply and sanitation in Singapore. en.wikipedia.org. Accessed 1 November 2016.

Berlin



Figur 11. Grønne tage ved Potsdamer Platz.

Byens vandhåndtering

Berlins vandforsyning er baseret på et system, der har eksisteret siden slutningen af 1800-tallet. I 2000 strammede Berlins senat den lokale udmøntning af landets vandlovgivning. Den foreskriver, at vandindvindingen skal foregå i nærheden af forsyningsstedet, og byen besluttede, at vandindvindingen skal foregå inden for byens grænser. Råvand til byens vandværker pumpes ind fra dybe brønde der forsynes ved en kombination af

flodbreds-infiltreret flodvand (54 %) (se senere), kunstigt infiltreret flodvand (ca. 14 %) og naturlig grundvandsdannelse fra nedbør (ca. 32 %). På vandværkerne gennemgår vandet en simpel renseproces, der består af beluftning efterfulgt af sandfiltrering, der skal fjerne jern og mangan. Selv om der er nogle trusler mod vandkvaliteten, overholder vandet kravene i den tyske drikkevandsbekendtgørelse og anses generelt for at være godt. Truslerne drejer sig bl.a. om toksiske forbindelser udskilt af blå-grønalger, der

| Byens status | Berlin er Tysklands hovedstad |
|--|--|
| Byens areal (km ²) | 899 |
| Befolkning (mio.) | 3,5 (2010) |
| Andel af grøn infrastruktur og friarealer | 44 % |
| Årlig nedbør (mm) | 600; fordelt jævnt over hele året |
| Vigtigste overfladevand og betydning for forsyningen | Floderne Spree og Havel med tilhørende søer. Flodvandet bruges i vandforsyningen, men ikke direkte |
| Anerkendelse for bæredygtighed | Ligger over gennemsnittet i det tyske Grøn By-indeks. Eneste tyske by, der er medlem af G40 |

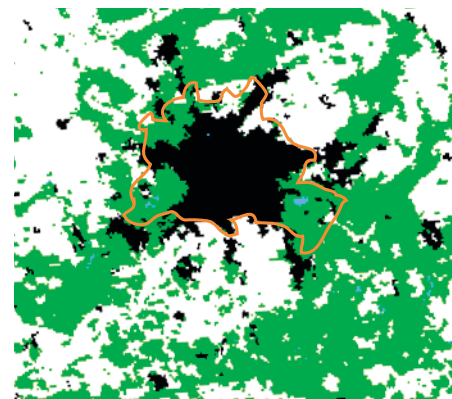


Illustration: Christian Færthner

trives i overfladevandet, samt mangelfuld filtrering af bakterier og vira, organiske mikroforureninger, herunder medicinrester, og opløst organisk stof. Der er balance mellem indtaget af råvand, vandniveauet i floderne og grundvandsstanden. For at sikre flodernes vandkvalitet er renseanlæggene opgraderet til høj standard.

I 1980'erne introducerede vandmyndighederne i Vesttyskland (herunder Vestberlin) et omfattende program for at reducere vandforbruget pr. indbygger. Det skulle både mindske trækket på grundvandet og behovet for investeringer i vandinfrastruktur. Initiativerne bestod af en ny prismekanisme, hvor prisen på vand afhænger af, hvad det bruges til. Desuden gennemførte man diverse kampagner og anbefalinger for at få forbrugerne til at spare på vandet. Der blev også indført tilskudsordninger til indkøb og installation af vandbesparende udstyr og ideer til at mindske lækage. På den måde er det lykkedes at reducere Berlins vandforbrug pr. indbygger fra 250 liter pr. person pr. dag i 1980 til 112 liter pr. person pr. dag i 2008.

Aktuelle udfordringer i forhold til vand

- EU's vandrammedirektivs krav til vandkvalitet, fx tilstrækkelig reduktion af nitrat og fosfat, der udledes fra byens renseanlæg er en udfordring.
- Renset spildevand ledes ud i floderne, der også udnyttes som indirekte vandkilde, og det er en udfordring i forhold til vandets kvalitet.
- Øget forekomst af kraftig nedbør med overløb fra fælleskloak direkte til recipient og midlertidigt vand på terræn

er et begyndende problem, men endnu ikke alvorligt.

- Der er stigende forventninger om at kunne bruge floder og søer til badning, sejlsads, turisme m.v., hvilket stiller andre krav til vandkvaliteten.

Overordnede strategier for byens vandhåndtering

- Permanent sikring af drikkevandets kvalitet gennem genindvinding af vand inden for bygrænsen; ingen kemikalieanvendelse på vandværker.
- Bevare høj vandkvalitet i floder, søer og grundvand; fælles strategi for reduktion af udledningen af nitrat og fosfat i samarbejde med øvrige myndigheder inden for oplandet.
- Decentral håndtering af regnafstrømning: indvinding, behandling og brug af regnvand, hvor det falder, så udledning til overfladevand og kloakker begrænses
- Bruge regnafstrømningen til flere funktioner: køle bygninger, skabe rekreative muligheder og understøtte biodiversitet.
- Prioritere fordampning af regnafstrømning for at bringe byens vandbalance tættere på den naturlige og for at afbøde varmeeffekt.
- Prioritere brug af regnvand som sekundavand til vanding af grønne områder.
- Nyt fokus på infiltration, opsamling og tilbageholdelse af regnafstrømning lokalt. Ekstreme regnhændelser har de senere skabt stigende bevidsthed om oversvømmelser. Målet er at forhindre

Figur 12. Grøn facade på Institut for Fysik i Berlin-Adlershof. Regnvand opsamles fra tagene, oplagres i tanke og bruges til at overrisle den grønne facadebeplantning. Fordampningen af vandet har en kølende effekt på bygningen. Overskydende vand opsamles i en dam i bygningens gård, så vandet enten kan fordampe eller sive ned i jorden.



Foto: Andreas [FranzXaver] Stib

overløb fra fælleskloakker og opbevare regnvand lokalt til senere brug; en tilgang, der omtales som "sponge city" (byen som svamp).

- Sekundavand (regnvand og rensset spildevand (reclaimed water)) som forsyningsvand til andre formål end drikkevand. Det kan både være i private husholdninger (vanding, rengøring, toiletskyl og tøjvask) og i virksomheder (f.eks. nedkøling, vask og rensningssystemer).

Vandhåndtering og grøn infrastruktur

Berlins vandhåndteringsstrategier har et stærkt miljømæssigt fokus, og derfor har byen forsøgt at styrke den grønne infrastrukturens rolle og brugen af grønne løsninger. Den grønne infrastruktur vurderes at have en middelstor betydning i byens vandhåndtering.

Vandforsyning baseret på flodbreds-infiltrering

Infiltration af vand i flodbredderne er en teknik, hvor vand samles fra brønde eller infiltrationspassager nær floden (se illustration nedenfor). Flodbredden fungerer som et naturligt filter, der renser flodvandet, inden det når grundvandet. Renset spildevand ledes ud i floder og søer, som til gengæld gendanner grundvand og erstatter den mængde vand, der trækkes fra byens grundvandskilder. De fleste floder indeholder mindre end 10 % rensset spildevand.

Grønne tage og grønne facader

Berlin har også fokus på grønne tage og grønne facader, som der er blevet flere og flere af siden 1970'erne takket være kampagner og programmer. Courtyard Greening-programmet sigter mod at afbøde tab af natur og stimulere en miljøvenlig livsstil. Programmet Urban Ecology Model Projects sigter mod at udvikle teknologier og nye processer i forhold til økologi, økonomi og innovation i byggeriet. I perioden 1984 til 1994 kunne man få støtte til grønne tage, hvilket resulterede i ca. 65,750 m² nye grønne tage. I øjeblikket har omkring 14 % af alle nybyggerier i Berlin (cirka 10 mio. m²) grønne tage, selv om det er frivilligt. Omkring 80 % af de grønne tage er ekstensive med substratlag på ca. 10 cm.



Figur 13. Bassin til regnvandsopsamling ved Potsdamer Platz. En kombination af grønne og ikke-grønne tage opsamler regnvand, som derefter løber ned gennem bygningerne og bruges til toiletskyl, kunstvanding, og brandslukningssystemer. Overskydende vand strømmer ind i damme og kanaler i det udendørs vandområde og ned til oplagring i underjordiske tanke, der leverer vand til en række små damme og et større bassin. Beplantede rensningsbiotoper filtrerer og cirkulerer vandet, der løber langs gader og fortove.

De resterende er intensive grønne tage og taghaver med større substratdybde. Målet med grønne tage og grønne facader er at øge herlighedsværdien, forbedre mikroklimaet, byens biodiversitet og ejendomsværdien. Desuden er vegetationen med til at reducere varmeeffekten og mængden af afstrømet regnvand. Afvanding af grønne tage er ofte kombineret med opsamling og lokal håndtering af regnvand.

Realiserede grønne løsninger og oplevede barrierer

I Berlin iværksættes grønne tiltag til håndtering af regnafstrømning gennem pilotprojekter. Projekterne bruges til at udvikle og dokumentere nye tekniske løsninger og processer. De indarbejdes derefter i tekniske retningslinjer, stan-



Figur 14. Afløbsrende/rendesten på Potsdamer Platz.

darder og forskrifter for at udbrede de grønne løsninger til hele byen. Pilotprojekterne kombineres ofte med forskningsprojekter i et samarbejde mellem bystyret, regeringen, Berlins vandforsyningsselskab, universiteter, andre forskningsinstitutioner og virksomheder. Samarbejdet mellem bystyret og borgerne er desuden intensiveret de seneste 20 år.

Større initiativer

- Pilotprojekter såsom Urban Ecology Model-projekterne og programmet Courtyard Greening.
- Lovgivningsmæssig regulering af forvaltningen af regnafstrømning, fx kravet om regnvandshåndtering ved kilden i den tyske vandlov.
- Nye indikatorer og retningslinjer, der kan være bindende i planlægning og design, fx Ecological Criteria for Building Projects/Competitions (miljøkriterier for byggeprojekter/konkurrencer); The Biotope Area Factor (biotopområdefaktoren), der foreskriver hvor stor del af en ejendom, der skal være begrønnet; retningslinjer for Rainwater Management Concepts (modeller for regnvandsforvaltning) og retningslinjer for Innovative Water Concepts (modeller for innovative vandløsninger).
- Incitament: I Berlin er afgiften for afledning af regnafstrømning til offentlige afløbssystemer 1,8 euro (ca. 13,40

DKK) pr. m² årligt. Afgiften bortfalder eller reduceres for ejendomme med permeable og semipermeable overflader. Arealer med grønt tag betaler 50 % af afgiften.

Tekniske barrierer for grønne løsninger

- Forskellige anvendelser af vandsystemet er i konflikt med hinanden og gør det vanskeligt at nå målene for vandkvalitet.
- Det kan være vanskeligt at implementere nye løsninger fra pilotprojekter og forskning, fordi de ikke passer ind i de eksisterende lovgivningsmæssige rammer.
- Det er svært at argumentere for de fordele ved grønne løsninger, der ikke kan gøres op i kroner og ører, fx biodiversitet, herlighedsværdi, sundhed med mere.

Institutionelle barrierer

- Det er vanskeligt og tidskrævende at koordinere de mange aktører, der skal involveres for at få et vellykket projekt.
- Undertiden er interessenterenes viden og forestilling om grønne løsninger på så forskelligt niveau, at det er svært at formidle ideen.
- Begrænsede menneskelige ressourcer: De aktører fra andre afdelinger eller institutioner, der skal involveres, er ikke altid til rådighed.

Yderligere links og henvisninger

BSUDH (Berlin Senate for Urban Development and Housing) (2007). Innovative Water Concepts: Service Water Utilization in Buildings. Berlin Senate for Urban Development, Berlin.

BSUDH (Berlin Senate for Urban Development and Housing) (2010). Rainwater management concept: Greening buildings, cooling buildings. Berlin Senate for Urban Development and Housing, Berlin.

Jekel, M and Heinzmann, B (2003). The Research Project "Natural and Artificial Systems for Recharge and Infiltration (NASRI)", its Relation to the Specific Water Management Challenges of Berlin and the International Relevance, Conference Wasser Berlin 2003. KompetenzZentrum Wasser Berlin, Germany.

Salian, P, and Anton, B (2011). Making urban water management more sustainable: Achievements in Berlin.

SWITCH - Managing Water for the City of the Future. ICLEI, Freiburg, Germany. www.switchurbanwater.eu. Accessed 1 October 2014.

www.stadtentwicklung.berlin.de.

www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen.

Melbourne



Figur 15. Melbourne med udsigt over Yarra-floden and Bay City.

Byens vandhåndtering

Omkring 80 % af Melbournes drikkevand hentes fra strengt beskyttede skovklædte vandoplande i Yarra Ranges uden for byen. Grundvandet i området er saltholdigt og derfor uegnet som drikkevandskilde. Under tørken i 1997-2009

skruede Melbourne op for de vandbesparende initiativer, hvilket reducerede husholdningernes forbrug med 58 % og forbruget i offentlige institutioner m.v. med 20 % i forhold til år 2000. Blandt initiativerne var mål for vandbesparelse; oplysning til borgerne; installation af vandbesparende armaturer; restriktioner

| Byens status | Hovedstad i delstaten Victoria. Næststørste by i Australien |
|--|---|
| Byens areal (km ²) | 37,7 (City of Melbourne i 2015) |
| Befolkning (mio.) | 0,13 (City of Melbourne i 2015) |
| Andel af grøn infrastruktur og friarealer | 12,7 % (parker og naturområder i 2015) |
| Årlig nedbør (mm) | 650; fordelt forholdsvis jævnt over hele året, men mængden varierer betydeligt fra år til år |
| Vigtigste overfladevand og betydning for forsyningen | Yarra River, Maribyrnong River og Moonee Ponds Creek (en biflod til Yarra River); den øverste del af Yarra indvindes til forsyning af City of Melbourne med drikkevand; byen er placeret, hvor Yarra River løber ud i Port Phillip Bugt |
| Anerkendelse for bæredygtighed | I mere end 15 år har byen arbejdet på at være en af verdens mest bæredygtige byer; Melbourne deltager i initiativet 100 Resilient Cities, som er finansieret af Rockefeller Foundation |

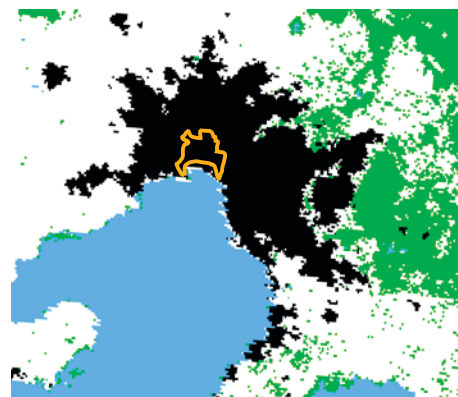


Illustration: Christian Ferner



Figur 16. Howard Street Reserve regnbed. Vejvand ledes gennem regnbedet for at blive renset og forsinket, før vandet når frem til recipienten.

på havevanding og opfordring til at bruge tørketolerante planter i haven. Desuden blev vandforbruget differentieret, sådan at alternative vandkilder (sekundavand) kan bruges til visse formål. Byen har bl.a. gennemført en række projekter ift. regnvandsopsamling, primært for at skaffe vand til vanding. Regnvandsopsamling ligger på førstepladsen i Melbournes hierarki over alternative vandkilder. Også mange private bygninger er i dag udstyret med regnvandsopsamling, der bruges til vanding og toiletskyl. Groft sagt kan regnvandsopsamlingen levere godt halvdelen af det vand, byen har behov for, når det kombineres med initiativer, der begrænser efterspørgslen.

I slutningen af tørkeperioden opførte delstatsregeringen et afsaltningsanlæg for at sikre vandforsyningen. Det har dog endnu ikke været nødvendigt at tage dette anlæg i brug. Nogle dele af byen er ved at udvikle et tredje rørsystem til levering af vand, baseret på renset regnafstrømning (The Melbourne Cricket Ground, University of Melbourne, Fishermans Bend).

Aktuelle udfordringer i forhold til vand

- Klimaforandringer udfordrer vandforsyningen. Byen oplevede 13 års tørke fra 1997 til 2009. Nedgang i den årlige nedbør, højere temperaturer og større fordampning mindskede afstrømning

gen til floder og reservoirer; hedeølger forårsagede dødsfald.

- Vand er nødvendigt for at kunne vande de grønne områder og spiller en rolle i nedkøling byen.
- Manglende vandføring er et problem i visse dele af floderne i Victoria-regionen, som Melbourne er en del af; store regnbetingede udledninger skader recipienternes økologi.
- Stigende befolkningstal forventes at resultere i øget efterspørgsel på vand (80 % større befolkning i 2030).
- Byens eksisterende afløbssystem har begrænset kapacitet og er udfordret af klimaforandringer.

Overordnet strategi for byens vandhåndtering

“En sund by i et sundt vandopland” er Melbournes vision for fremtiden. Byen har praktiseret integreret vandhåndtering siden 2002 ved hjælp af strategien Total Watermark – City as a Catchment (opdateret 2004, 2009, 2014) og et sæt retningslinjer for en by i vandbalance, ”Water Sensitive Urban Design” fra 2005. I strategien anderkendes det, at al slags vand er vigtigt – både fra naturlige oplande og afstrømmende tag- og vejvand. Det er en forudsætning for at kunne

Tabel 3: Fokusområder og mål i strategien Total Watermark: City as Catchment (City of Melbourne, 2014).

| Fokusområde | Mål | Målemetode (sammenlignet med år 2000) |
|--|--|---|
| Klimaforandringer og beskyttelse mod oversvømmelse (en robust og sikker by, der er tilpasset nuværende og fremtidige ekstreme vejrforhold) | <ul style="list-style-type: none"> • Klimatilpasning og vurdering af oversvømmelsesrisici indarbejdes i planlægningsprocessen • Melbourne Kommune skal være et opmærksomt og velforberedt samfund | <ul style="list-style-type: none"> • Til hvilket niveau er klimatilpasning indarbejdet i aktuelle byplanlægningsaktiviteter • I hvilken grad er indbyggere og virksomheder opmærksomme på klimaforandringer og oversvømmelsesrisici |
| Vand for en bedre by (Livability) (et vandkredsløb, der understøtter folkesundhed, trivsel og tilfredshed hos alle, der bor, arbejder, er på besøg eller leger i byen) | <ul style="list-style-type: none"> • Vand og byudvikling (liveability) skal sammentænkes i planlægningsprocessen • Adgang til floder og byrum fremmer folkesundheden | <ul style="list-style-type: none"> • Implementering af Melbournes strategi for bedre byrum (Open Space Strategy) • Stigning i frekvens og diversitet i vandbaserede aktiviteter |
| Vand- og miljøforhold (vandhåndtering, der fremmer biodiversitet, sunde byrum og rene vandløb og floder) | <ul style="list-style-type: none"> • Vores primære vandløb og floder skal være rene og i god økologisk tilstand • Jordfugtighed bidrager til god trivsel af bynære skove • Optimere regnafstrømningens kvalitet | <ul style="list-style-type: none"> • Tilstand i vandløb og floder (undersøges af Melbourne Water) • Reduktion i afstrømningsmængde (data baseret på model) • Stigning i mængden af infiltreret afstrømning (data baseret på model) • Reduktion i total-kvælstof udledt til vandløb og floder fra Melbourne (skal nå 20 % i 2018 og 30 % i 2030) |
| Vandforbrug (effektivt brug af sekundavand bidrager til et bæredygtigt vandforsyningssystem) | <ul style="list-style-type: none"> • Optimere brugen af sekundavand • Vandforsyningssystemet er planlagt efter nuværende og fremtidige behov | <ul style="list-style-type: none"> • Stigning i forbrug af sekundavand i kommunale bygninger (skal nå 30 % i 2018 og 50 % i 2030) • Stigning i kommunens samlede forbrug af sekundavand (skal nå 8 % i 2018 og 20 % i 2030) |

nedbringe vandforbruget og reducere spildevandsmængden og belastningen af recipienter. Strategien lægger vægt på opsamling af regnafstrømning til forsyningsformål og beskyttelse af recipienter mod forurening fra regnafstrømning. Hovedstrategier med fokusområder og mål er skitseret i tabel 3.

Vandhåndtering og grøn infrastruktur

Grøn infrastruktur spiller en forholdsvis stor rolle for byens vandhåndtering. I de seneste år er Melbourne begyndt at overveje grøn infrastruktur i forbindelse med forebyggelse af oversvømmelser og klimatilpasning. Byen er nu ved at anlægge regnvandstanke, der hurtigt kan tømmes, så de er klar ved varsel om skybrud. I den nye vandhåndteringsplan Elizabeth Street Catchment Integrated Water Cycle Management Plan (2015) anbefales grøn infrastruktur og opsamling af regnafstrømning opstrøms i Elizabeth Streets afvandsingsområde. Det skal mindske risikoen for oversvømmelse nedstrøms.

Water sensitive urban design (WSUD)

WSUD er et begreb for bæredygtig håndtering af byens vand, der anvendes i Australien. Tre centrale elementer er:

- 1) adgang til en række forskellige vandkilder og differentieret vandforsyning (sekundavand);
- 2) tilvejebringelse af økosystemtjenester til gavn for både mennesker og natur;
- 3) inddragelse af lokalsamfundet.

Lokale landskaber kan kategoriseres som enten en "kilde" eller en "recipient" for regnvand, og disse landskaber kan forbindes i et vandkredsløb. I 2014 etablerede Melbourne systemer til regnvandopsamling 26 steder i forskellig målestok og med forskelligt ejerskab. WSUD-retningslinjer vedtaget af byrådet i 2005 indeholder værktøjer til at gennemføre de bedst mulige løsninger, en slags best practice. Man arbejder med regnhaver, særlige plantehuller til træer (figur 19), grønne gader og regnvandsopsamling i parker og vådområder.

Vandløb og floder er sammen med byskove en vigtig del af Melbournes identitet og fremmer folkesundheden og byens attrak-



Figur 17. Melbourne med udsigt over Yarra-floden og de grønne havneområder.

tionsværdi. Grøn infrastruktur inklusive vandområder og offentlige friarealer indarbejdes også i bebyggede områder. Målet er at kontrollere regnafstrømning, reducere varmeeffekten, bidrage til forskønnelse og rekreation og forbedre vandkvaliteten i vandløb og floder. Frivillige har organiseret sig i grupper, der arbejder med at forny vegetationen langs floderne og på den måde styrke den økologiske robusthed.

Mål om ingen brug af drikkevand i offentligt administrerede parker

Melbournes grønne områder kræver vanding på grund af tørke og høje temperaturer og hedeølger om sommeren. Byen sigter mod 100 procents reduktion af forbruget af drikkevand til vanding i offentlige parker. Det opnås gennem et program for udfasning af drikkevand og ved at skifte til mere tørketolerant vegetation. Desuden bruger man ikke mere vand end det, der er nødvendigt for at holde vegetationen sund. En stor del af dette vand skal leveres fra alternative kilder, primært opsamlet regnafstrømning.

Byen har gennemført et omfattende program, der skal sikre parker og andre grønne områder mod tørke. Det omfatter bl.a. tørketolerante græsser i plæner og fællede, tanke til opsamling af regnafstrømning og en ny praksis for vanding og valg af vandingssystemer.

Figur 18. Royal Park Vådområde (etableret i 2005). Vådområdet er anlagt, så regnafstrømning fra veje og bygninger i de omkringliggende forstæder kan bruges til forsyningsformål. Et naturligt filter med flodbredderne tæt dækket af hjemmehørende planter, der renser regnvand gennem naturlige biologiske processer. Det rensede vand benyttes til vanding af Royal Park om sommeren, mens overskydende vand udledes til Port Phillip Bay.





Figur 19. Særligt træplantningssystem, der er benyttet i den centrale del af byen siden 2006. Det er et specialdesignet system, der fjerner forureningen fra regnvand, før det afledes videre mod vandløb og floder. Systemet sikrer også bedre vandstatus for træet og reducerer dermed behovet for vanding.

Realiserede grønne løsninger og oplevede barrierer

De godkendte strategier har spillet en vigtig rolle for den grønne infrastruktur i Melbourne, fx Total Watermark og klimatilpasningsstrategier. Økonomisk støtte fra staten og forbundsregeringen og fra andre kilder har været afgørende for realisering af regnvandsopsamling. Fx vedtog forbundsregeringen at støtte opsamlingssystemer i Fitzroy Gardens, Birrarung Marr og Queen Victoria Gardens. Til gengæld skal byen fremlægge dokumentation for, at støtten tjener sig ind igen, fx i form af vandbesparelser.

Større initiativer

- Demonstrationsprojekter i offentligt forvaltede områder
- WSUD-retningslinjer og planlægningsforskrifter for private arealer, der skal sikre, at man arbejder integreret med vandkredsløbet i afløbsplanerne. Det er en forudsætning for godkendelse af byggeprojekter o.l.
- Samarbejde med en bred gruppe af interesserenter (f.eks. statslige myndigheder, universiteter og forskningsinstitutioner) og borgere i gennemførelsen af strategien Total Watermarks.
- Udvikling af forvaltningsplaner for afvanding. Elizabeth Street afvandingsplanen blev godkendt af bystyret i 2015. Den private sektor blev

opfordret til at komme med forslag til ændringer, mens strategien blev formuleret.

- Integrering af strategien "City as a Catchment" med andre relevante strategier og programmer for byen, fx Urban Forest-strategien, Open Space-strategien, Urban Ecology- og Biodiversity-strategien og Inner Melbourne-handlingsplanen.

Tekniske barrierer for grønne løsninger

- Implementeringen af grøn infrastruktur på projektniveau kan være i konflikt med eksisterende infrastruktur. Eksempler på forhold, der kræver særlig opmærksomhed, er trafikudsyn, fodgængerovergange, pladskrav til fodgængere og parkering, risiko for at biler m.v. beskadiges eller kører ind i de nye installationer.
- Omkostningerne til vanding af de nye grønne elementer i de lange tørkeperioder er betydelige.

Institutionelle barrierer

- Hvis man skal iværksætte effektive projekter med grøn infrastruktur, må man arbejde tværfagligt, men det kan være udfordrende at skabe partnerskaber mellem et større antal organisationer.
- Der er forskellige opfattelser af vandforbrug og af, om drikkevand skal anvendes til vanding.

Yderligere links og henvisninger

City of Melbourne (2009). Total Watermark – city as a catchment. www.clearwater.asn.au. Accessed 1 May 2015.

City of Melbourne (2014) Total watermark – city as a catchment (update 2014). www.melbourne.vic.gov.au. Accessed 1 September 2015.

City of Melbourne (2015). Elizabeth Street catchment integrated water cycle management plan. www.urbanwater.melbourne.vic.gov.au. Accessed 01.09.2016.

City of Melbourne (n.d.) Urban water website: www.urbanwater.melbourne.vic.gov.au. Accessed 1 September 2016.

www.Melbourne.vic.gov.au.

Philadelphia



Figur 20. City of Philadelphia.

Byens vandhåndtering

Philadelphias drikkevand indvindes fra byens floder. Philadelphia Water Department (PWD) står for både vandforsyning og afløbssystem, der primært er fælleskloak. Ligesom mange andre amerikanske byer står Philadelphia over for en række komplekse udfordringer vedrørende miljø, demografi og økonomi. Samtidig stiller borgerne stadigt større krav til sikker og billig vandforsyning, regn- og

spildevandshåndtering og beskyttelse mod oversvømmelse. De ønsker sig også rene, naturskønne floder, hvor man kan fiske og svømme.

Aktuelle udfordringer i forhold til vand

- Loven »The Federal Clean Water Act« fra 1972 stiller sammen med National CSO Control Policy krav om risikoreducerende foranstaltninger ved fælleskloakker. Det handler om at

| Byens status | Største by og det økonomiske og kulturelle centrum i Pennsylvania, USA |
|--|---|
| Byens areal (km ²) | 367 |
| Befolkning (mio.) | 1,6 (i 2013) |
| Andel af grøn infrastruktur og friarealer | 46 % |
| Årlig nedbør (mm) | 1045; fordelt jævnt over hele året |
| Vigtigste overfladevand og betydning for forsyningen | Byen ligger i den nedre del af floderne Delawares og Schuylkills oplande; floderne bliver brugt til vandforsyning |
| Anerkendelse for bæredygtighed | Den første by i USA med en langsigtet grøn infrastrukturplan; førsteplads i grøn infrastruktur blandt 14 nordamerikanske byer vurderet af National Resources Defense Council i 2011 |

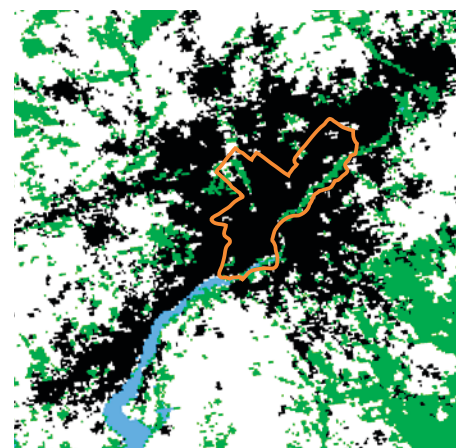


Illustration: Christian Fethner



Figur 21. Vejbede ved Columbus Square. De er konstrueret til at håndtere vejvand via nedsivning, fordampning og droslet afledning til eksisterende afløbssystem.

reducere antallet af overløb (Combined Sewer Overflow, CSO), der forringer vandkvaliteten og begrænser rekreativ anvendelse. Det handler også om at sikre en vis vandstrømning (base-flow) året rundt via naturlig udstrømning af grundvand til vandløb og floder. Base-flow i byens floder udgør kun en tredjedel af den samlede vandstrømning, sammenlignet med to tredjedele i naturlige floder. Resten af vandet er direkte regnafstrømning og for nogle floder også rensat spildevand, der ledes ud i floden.

- Dramatiske udsving mellem tørt og vådt vejr (intensiv nedbør).
- Stigende behov for sikring mod oversvømmelse og tilpasning til klimaforandringer.

år, hvoraf mindst US\$ 1,67 milliarder er øremærket til "green stormwater infrastructure". Planen er baseret på en sammenligning af flere alternative løsninger. I planen er inkluderet implementering af overvågningsprogrammer til at vurdere forskellige systemers ydeevne og indvirkning på grundvandet. Med det aktuelle investeringsbudget og en 25-årig tidsramme forventes den decentraliserede tilgang med GSI at ville give det største afkast i form af fordele for borgerne og miljøet i alle vandoplande i byen. Det forventes, at nytteeffekten vil vise sig med det samme. Til sammenligning fokuserede det tidligere traditionelle kloakbaserede system kun på at opnå et enkelt mål, nemlig reduktion af overløb og kun i et enkelt vandopland. Af vigtige strategier kan nævnes:

Overordnet strategi for byens vandhåndtering

I 2009 fremlagde den daværende borgmester en vision for Philadelphia om at blive den grønneeste by i USA. Et kontor for bæredygtighed fik til opgave at udarbejde en køreplan for realisering af dette mål. Forventningen var og er fortsat, at en grøn identitet vil få byen til at blomstre ved at tiltrække indbyggere og indtægter og øge ejendomsværdierne. Det vil også fremme forståelsen af fordelene ved en grøn infrastruktur til håndtering af regnafstrømning (Green Stormwater Infrastructure, GSI) – og være til gavn for miljøet i det hele taget. De vigtigste strategier for byens vandhåndtering er baseret på dette koncept og er beskrevet i »The Green City, Clean Water Plan« (2011). Planen indebærer en investering på US\$ 2,4 milliarder i løbet af 25

- Anvende grønne løsninger (land-water-infrastructure) til at kontrollere kloakoverløb. Håndtere regnafstrømning tæt på kilden gennem terrænbearbejdning og ændret praksis for arealanvendelse; restaurere vandmiljøer; og opgradere gamle afløbssystemer for at reducere overløb endnu mere.
- Eliminere 80-90 % af de forurenende stoffer, der i dag udledes til fælleskloakker. Det skal hovedsageligt ske gennem omfattende implementering af grøn infrastruktur til håndtering af regnafstrømning i fælleskloakerede områder. Mindst en tredjedel af det areal, der oprindeligt afledte regnafstrømning til fælleskloak, skal i fremtiden afvande til grønne områder.
- Udnytte regnvand som ressource til direkte vandforsyning via opsamling og til genopbygning af grundvandsmagasiner, snarere end at udlede regnafstrømningen til de allerede belastede vandløb og floder. Retention

Figur 22. Vej før og efter etablering er permeabel befæstelse, Percy Street, Philadelphia. Porøs asfalt tillader nedbør at sive ind i vejassen, der er opbygget med grusmaterialer. De tåler stående vand og skaber dermed et magasin for vandet, indtil det kan infiltrere i den omkringliggende jord. Dermed reduceres andelen af vejvand, der ledes til byens afløbssystem. Samtidig mindskes kloakopstuvning i kældre, der tidligere var et problem.



af regnafstrømning gennem infiltration og opsamling til forsyningsformål prioriteres over detention i form af tilbageholdelse og udledning.

- Langsigtet strategi for forbedring af vandkvalitet og habitater i bynære vandsystemer gennem samarbejde med interessenter i de forskellige vandoplande.
- Ud over Green City, Clean Water-programmet har byen forpligtet sig til at udvikle parallelle programmer for forebyggelse af oversvømmelser og klimatilpasning generelt.

Vandhåndtering og grøn infrastruktur

Grøn infrastruktur spiller en afgørende rolle for byens vandhåndtering, direkte udtrykt som green stormwater infrastructure (GSI). Det danner rygraden i byens implementering af »The Clean Water Act«-loven og »National CSO Control Policy«, der har miljøbeskyttelse som primært fokus. GSI omfatter en række jord-vand-plant systemer (fx vejbede i fortove og på parkeringspladser, grønne tage, og regnbede til håndtering af tagvand). Systemet opfanger, infiltrerer og fordamper regnafstrømningen og kan i nogle tilfælde være koblet til det eksisterende kloaksystem i form af et droslet afløb. Implementeringen af GSI sker både i forbindelse med byfornyelse og bydannelse.

Håndtering af 25 mm regn ved kilden

Byens retningslinjer for regnvandshåndtering blev opdateret i 2006 med krav om, at de første 25 mm nedbør skal håndteres lokalt ved alle nybygnings- og renoveringsprojekter større end 1.400 m². Håndteringen på stedet skal opnås gennem infiltration, fordampning eller opsamling. Hvis infiltration er teknisk umuligt, bør noget af volumen (mindst 20 % i områder med fælleskloak) eller hele volumen (100 % i områder med separatkloak) af den ikke-infiltrerede del af de første 25 mm sendes via "volumen-reducerende" elementer før udledning til afløbssystem. Det kan fx være en stor plantekasse, et regnbed eller et grønt tag.

»Greened Acre« som mål for implementering af GSI

»Greened Acre« er en enhed, der bruges



Figur 23. Regnbed i Cliveden Park. Regnbedet er smukt udformet, samtidig med at det håndterer afstrømning fra nærliggende gader og beskytter de lokale vandløb mod forurening.

som et vigtigt resultatmål og til at vurdere udbredelse af GSI. En »Greened Acre« er et område på en acre (ca. 4.000 m²) uigennemtrængelig overflade, hvor de første 25-40 mm af en nedbørshændelse håndteres lokalt. Det svarer altså til et reduceret areal på 0,4 ha, hvorfra der ikke er afstrømning for de første 25-40 mm nedbør. I praksis svarer det til, at der skal indbygges ca. 100 m³ magasin volumen pr. »Greened Acre«. Ifølge byens plan, der er godkendt af staten, skal der etableres mindst 9.564 »Greened Acres« over de næste 25 år. Hvert 5. år skal det opgøres, om tempoet er højt nok til at nå målet.

Realiserede grønne tiltag og oplevede barrierer

Byen fokuserer i første omgang på offentligt ejede arealer. De udgør omtrent 45 % af det befæstede areal. Det primære fokus er her gader og fortove. GSI indtænkes hver gang, vejarbejde eller andre offentlige arbejder igangsættes. Desuden fokuseres på større erhvervsjendomme, hvor grønne programmer anvendes til at implementere »Greened Acres« på private arealer. Mange af disse programmer indeholder tekniske retningslinjer og redskaber til implementering — herunder tilpasning af målsætninger, vejledninger, finansieringsmuligheder og incitamenter til at gå i gang. I og med at »The Philadelphia Water Department« er hovedansvarlig for implementering af GSI, er det også dem, der koordinerer projekter



Figur 24. Vejbed ved East Falls. Regnvandsrabatten kan opbevare, infiltrere og optage (evapotranspiration ved hjælp af planter) regnvand fra vejen og dermed mindske afstrømning og forhindre, at fælleskloakker løber over i floder og vandløb, samt bidrage til at dæmpe trafikken.

med de øvrige myndigheder. Målet er at få indarbejdet GSI som standardpraksis for alle byens fysiske projekter. Ikke-statslige organisationer som »Natural Resource Defense Council« (NRDC), »Penn Future« og »Clean Water Action« har bidraget med frivillig arbejdskraft og dokumentationsopgaver. Støtte fra almenyttige, velgørende og akademiske organisationer er og vil fortsat være nødvendig for realisering af programmet. Desuden har Philadelphia Water Departments engagement i programmet øget behovet for ressourcer til planlægning og design, hvilket har medført et øget antal kontrakter med private virksomheder.

Større initiativer

- Håndtering af 25 mm regn ved kilden.
- I 2010 blev betalingsreglerne for regnvandshåndtering opdateret med henblik på at stimulere private investeringer i grøn infrastruktur til regnvandshåndtering (GSI). Således blev afgiften for afledning af regnafstrømning fra ikke-beboelsesejendomme, herunder parkeringsarealer, fastsat primært efter befæstelsesgrad (80 %) og sekundært efter samlet areal (20 %). Desuden blev der indført loft for udledningshastighed til fælleskloak samt påbud om droslet afledning til vandløb og kanaler. Endelig blev det obligatorisk for bygherrer at indsende en drifts- og vedligeholdelsesaftale for håndtering af regnafstrømning, før byggetilladelse kan opnås.
- Virksomheder med grundareal større end 5 hektar får tilbudt US\$ 100.000 pr. hektar, der håndterer de første 25 mm regn lokalt. Der er også andre incitamenter såsom gratis hjælp til projektering og skattefradrag for grønne tage.

- Grønne programmer, såsom Green Streets, Green School, Green Roof, og naturgenopretningsprojekter omkring vandløb m.v. gennemføres som demonstrationsprojekter. Målet er dels at fremme opbakning blandt borgerne, dels at teste forskellige tekniske tilgange til GSI.

Tekniske barrierer for grønne tiltag

- Omkostningerne ved at etablere GSI i små ejendomme er høj. Det er en udfordring ift. regnvandsgebyret, der sigter mod at tilskynde private til at installere GSI. Philadelphia Water Department arbejder derfor på at styrke incitamentsstrukturen. Implementering af green water management i gader er dyrt (ca. tre gange dyrere end ved bebyggelser), primært på grund af de mange øvrige infrastrukturer i gadeprofilen.

Institutionelle barrierer

- På grund af GSI-målsætningens store omfang opstår der vanskeligheder i forhold til logistikken, f.eks. ejendomsret til jorden, koordinering af forskellige interessenters ønsker og krav, justering af planer, lokalsamfundets holdning, m.v. Ingen af disse er uovervindelige, men hver for sig rummer de potentielle omkostninger — økonomisk, tidsmæssigt og ift. borgernes opbakning.
- Der mangler incitamenter for beboelsesejendomme. Philadelphia Water Department mangler kapacitet til at opfordre boligejere til at indføre green water management.

Yderligere links og henvisninger

City of Philadelphia (2009) Greenworks Philadelphia. Mayor's Office of Sustainability. www.greenworksphila.org. Accessed 18 March 2015.

NRDC (National Resources Defense Council) (2011) Philadelphia, Pennsylvania - et case study om hvordan grøn infrastruktur hjælper med at forvalte urban regnvands-udfordringer. www.NRDC.org. Accessed 30 January 2015.

PWD (Philadelphia Water Department) (2011) Green city, clean waters – The City of Philadelphia's program for combined sewer overflow control (Amended). Program summary. www.phillywatersheds.org. Accessed 21 August 2014.

PWD (n.d.) What we're doing. www.phillywatersheds.org. Accessed 21 August 2014.

www.phila.gov/water

Sino-Singapore Tianjin Eco-city



Figur 25. Gadebelysning med vind- og solenergi.

Byens vandhåndtering

Det lokale grundvand er saltholdigt og ligger højt; kun omkring en meter under jordoverfladen. Grundvandet er ikke egnet som drikkevand eller til vanding af grønne områder. Alt drikkevand kommer fra vandforsyningssystemet i Tianjin Binhai New Area uden for den nye Eco-city. Tilgængelige vandressourcer

omfatter grundvand, der er indvundet fra de omkringliggende regioner, vandværksvand fra de omgivende regioner, flodvand fra Luan-floden 234 km væk, vand fra projektet South-North-Water-Transfer og afsaltet havvand. Et nyt rensningsanlæg er blevet bygget til at behandle spildevand fra Tianjin Eco-city og de omkringliggende distrikter. Et separat afløbssystem til regnvand er dimensioneret til en 3-års

| Byen status | En ny bydel 50 km øst for Tianjin Central City, Kina; et statsligt samarbejdsprojekt mellem Kina og Singapore påbegyndt 2007; stadig under opførelse |
|--|---|
| Byens areal (km ²) | 34 |
| Befolkning (mio.) | 0,35 (planlagt befolkning) |
| Andel af GI og friarealer | > 40 % grønne områder |
| Årlig nedbør (mm) | 603; 60 % falder i juli og august |
| Vigtigste overfladevand og betydning for forsyningen | Det tidligere forløb af Ji-kanalen og Jing-søen (tidligere Yingcheng Reservoir); floder og søer udnyttes ikke i vandforsyning; byen ligger i nærheden af Bohai Bay |
| Anerkendelse for bæredygtighed | Den første Eco-city i Kina med høje mål for bæredygtighed baseret på Key Performance Indicators, KPIs (tabel 4); i 2016 blev byen valgt som en af de pilotbyer, der skal vise Kinas Sponge City-program |

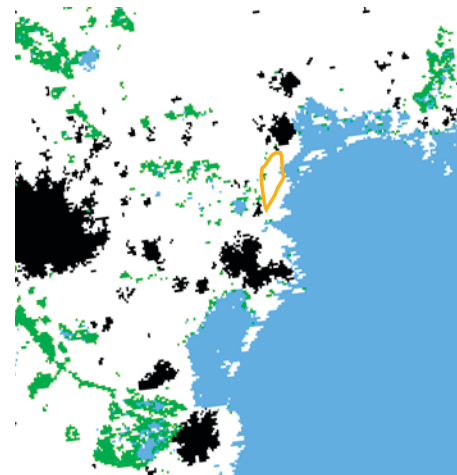


Illustration: Christian Ferner



Figur 26. Rainbow bridge som tilkørselsvej til Sino-Singapore Eco-city.

| Kvantitative KPI'er | Kvalitative KPI'er |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Intet nettotab af naturlige vådområder 100 % grønne bygninger • Andelen af kommunalt ejede boliger skal være mindst 20 % • Vedvarende energi skal udgøre mindst 20 % af forbruget i 2020 • Per capita vandforbrug i husholdninger skal ikke overstige 120 L/p/d • Sekundærvand skal udgøre mindst 50 % af vandforsyningen i 2020 • Alt spildevand skal renses | <ul style="list-style-type: none"> • Fremme økologisk trykthed • Grønt forbrug og lav CO₂ udledning • Fremme innovation og forureningsbegrænsende politikker • Fremme den kulturelle værdi af floden ved kysten • Fremme cirkulær økonomi |

Tabel 4. Eksempler på centrale Key Performance Indicators (KPIs).

regn. Der er planlagt mange grønne og blå områder i byen for at sikre økosystemtjenester til gavn for natur og mennesker. Alle grønne områder er etableret med et drænlag til bortledning af saltvand. Der kræves meget ferskvand til at skabe og vedligeholde disse arealer. Byens tekniske forvaltning er ansvarlig for vandhåndteringen i samarbejde med City Management Bureau og Environmental Protection Bureau.

Aktuelle udfordringer i forhold til vand

- Manglende lokale vandressourcer: Relativt lav nedbør; saltholdigt og højtstående grundvand, som ikke er egnet som forsyningsvand.
- Byen har høje standarder for boliger og deres omgivelser, der understøttes af grønne og blå arealer; driften af disse arealer er en ekstra udfordring for vandforsyningen.

Figur 27. Området før projektets gennemførelse; området blev tidligere brugt til saltproduktion baseret på inddampning af havvand.



Overordnede strategier for byens vandhåndtering

- At reducere forbrug af drikkevand gennem brug af sekundærvand, herunder opsamlet regnafstrømning.
- Anvende differentieret vandforsyning. To adskilte rørforsyningssystemer: drikkevand af høj kvalitet og sekundærvand (reclaimed water) til vanding af grønne områder.
- Regnvand opsamles og udnyttes som sekundærvand til vanding af grønne områder.
- Andre strategier omfatter etablering af et cirkulationssystem mellem vandområder i bylandskabet, øgede indsatser i forhold til genoprettelse af vandmiljøet og bevarelse af overfladevand samt forbud mod indvinding af grundvand for at undgå jordfaldshuller.

Vandhåndtering og grøn infrastruktur

Grøn infrastruktur spiller en middelstor rolle i byens vandhåndtering. Der skabes kunstige vådområder for at rense opsamlet regnvand, før det udledes i vandlandskaber. Grønne og blå arealer plejes med sekundavand (reclaimed water og regnvand), så genvindingen af lokale vandressourcer understøttes. Efter at de nationale retningslinjer for »Sponge City« blev lanceret i slutningen af 2014, begyndte man at prioritere reduktion af afstrømningspeak og retention (permanent tilbageholdelse via nedsivning, fordampning og forbrug) og detention (midlertidig tilbageholdelse) af regnvand ved hjælp af miljøvenlige teknologier, udover opsamling af regnvand til vanding.

Vådområder renser opsamlet regnvand til brug i vandlandskaber

I den oprindelige masterplan var den samlede løsning for regnvandsforvaltning at dræne afstrømt vand så hurtigt som muligt til vandlandskaberne med mindst mulig infiltration undervejs. Byen er udlagt i fire regnvandsdrænzoner, hver med en regnvandpumpestation på det laveste punkt, kombineret med et kunstigt vådområde. Permeable befæstelser med separate regnvandsrør under jorden indsamler regnafstrømning fra områder med let trafik, og regnvandet strømmer fra grønne vejrabatter ud i vådområder ved de fire regnvandspumpestationer. Opsamlet regnvand renses af vådområderne, før det pumpes ind i det tidligere forløb af Ji-kanalen, så vandlandskabet opretholdes. Vådområderne skaber også små habitater og forbedrer biodiversiteten. Regnafstrømningen fra områderne omkring Jing-søen og Eco-søen drænes fra overfladen og ind i Jing-søen for at opretholde dette vandlandskab.

Vanding af grønne områder med sekundavand (reclaimed water)

Byens nye renseanlæg kommer til at rense 50.000 m³ vand om dagen, når byen er fuldt udbygget. Ifølge masterplanen skal der etableres et vandforsyningsssystem så alle grønne områder i hele byen kan forsynes med sekundavand i form af rensede spildevand. En lille del af det rensede vand vil blive brugt til toiletskyl i udvalgte bygninger. Et pilotprojekt indsamler tag- eller overfladeafstrømning fra syv bygninger og deres omliggende arealer til



Figur 28. Vådområde ved Qingtuozhi regnvandspumpestation. Opsamlet afstrømt regnvand renses, før det pumpes ud i vandlandskaberne.

kunstvanding af grønne områder eller til at skabe små vandlandskaber i nærheden. Ifølge planen skal byen bruge mindst 70 % hjemmehørende plantearter, så man reducerer den mængde vand, der anvendes til vanding. En væsentlig del af byen er grønne og blå arealer. Dermed vil man kunne spare meget drikkevand ved at vande grønne områder med sekundavand (reclaimed water), der er lige i nærheden.

Sponge-City-politikken sætter nye mål for forvaltning af regnvand

Som svar på Sponge-City-politikken har byen, hvor det er muligt, opdateret sine mål med Sponge-City-principper for fortsat at være førende inden for eco-city-praksis. Afstrømningskontrol og infiltration på stedet fremhæves. Men det er teknisk udfordrende for byen at udvikle lavtliggende grønne områder til infiltration. Udgifterne til etablering af saltvandsdræning og top lag af jord stiger, jo dybere projektet ligger. Derudover er Sponge-Citys fokus på infiltration og opsamling ved kilden ikke i overensstemmelse med byens tidligere strategi. Her afledte man regnvand gennem separate rør og ud i vandområder i landskabet. Omvendt kan infiltrationsprocessen måske mindske saltindholdet i jord og vand. Derfor har byen planer om i deres fremtidige praksis at øge opsamling af regnvand og infiltration. Byen implementerer Sponge-City-principper i sin reviderede Green Building Standard og har startet et par pilotprojekter med grønne teknologiske løsninger, fx infiltration af regnvand ved hjælp af

Figur 29. En opbevaringstank til regnvand under opførelse i Qingnian Park.

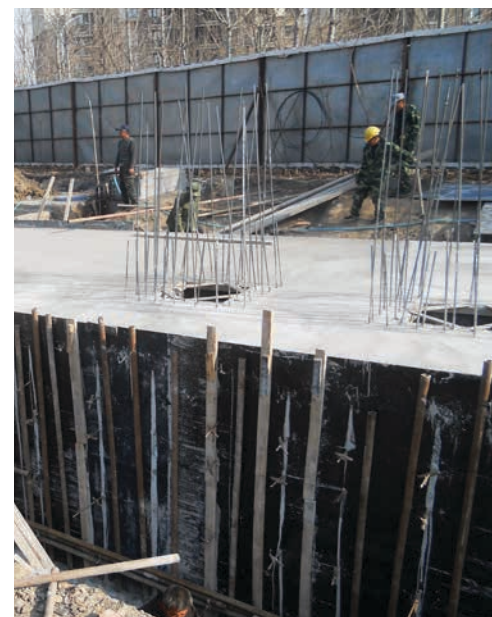


Foto: Ren Na

lavtliggende grønne områder og trug. Der er også demonstrationsprojekter på offentlige friarealer, hvor regnafstrømning opsamles i mindre omfang og bruges til små vandlandskaber. Potentialet for at bruge overfladeafstrømning til vanding af grønne områder i større målestok er stadig ved at blive undersøgt, fordi der er usikkerhed om vandets kvalitet.

Realiserede grønne løsninger og oplevede barrierer

Eco-city implementerer primært grøn infrastruktur gennem offentligt finansierede demonstrationsprojekter på offentlige arealer og ved at integrere planlægningskoncepter og mål i standarder for bygherrer. Masterplanen og Key Performance Indicators, som omfatter grøn infrastruktur og mål for vandhåndtering, er også vigtige redskaber. Det hele styres af den tekniske forvaltning i samarbejde med byens enhed for byggeprojektstyring, som er ansvarlig for udvikling, administration og drift af offentlige grønne områder. Bygherrer, der følger de nævnte standarder og retningslinjer, belønnes ud fra et vurderingssystem. Bystyret opfordrer virksomheder til innovation og vælger løsningsforslag ud fra omkostningseffektivitet, vedligeholdelsesbehov og praktisk gennemførlighed i den lokale kontekst. Vandhåndteringsprojekter, baseret på grøn infrastruktur, har øget behovet for koordinering på tværs af forvaltninger og med ikke-statslige organisationer.

Figur 30. I Qingnian Park anvendes det indsamlede regnvand fra opbevaringstanken til at skabe vandlandskaber.



Foto: Ren Na

Større initiativer

- Strategier for hele byen og Key Performance Indicators med fokus på sekundavandsbaseret vanding af grønne områder.

- Byggestandarder og vurderingssystemer, som skal stimulere bygherrer til at implementere opsamling af regnafstrømning, fx Green Building Standard.
- Offentligt finansierede demonstrationsprojekter på offentlige arealer.

Tekniske barrierer for grønne løsninger

- Vanskeligt at gennemføre regnvandshåndtering i lavtliggende områder på grund af høj grundvandsstand og saltholdigt grundvand.
- På grund af den korte periode med regn (mest i juli-august) er der lav rentabilitet på etablering af grøn infrastruktur.
- Omkostningerne er høje, hvis man skal etablere regnvandshåndtering i grøn infrastruktur i stor skala. De produkter, der er tilgængelige lokalt, er dyre, og kvaliteten er undertiden lav.
- Byen har ikke tilstrækkelig erfaring med at etablere og drive regnvandsløsninger, baseret på grøn infrastruktur.

Institutionelle barrierer

- Byen mangler økonomiske incitamenter.
- Byens enhed for byggeprojektstyring mangler forvaltningsmæssig og driftsmæssig kapacitet til at tage sig af de nye elementer til regnvandshåndtering. Det skyldes, at man allerede har en udfordrende opgave med at pleje vegetationen i de grønne områder under barske forhold. Deres daglige arbejde fokuserer på at skabe smukke rammer og rekreative muligheder og at få det til at lykkes på den saltholdige jord, mens vandhåndtering kun er et sekundært mål.
- Samarbejde på tværs af sektorer og interessenter foregår hovedsageligt før anlægsfasen, når projekter skal godkendes. Der er behov for mere samarbejde i etableringsfasen.

Yderligere links og henvisninger

Singapore Government (n.d.). www.tianjineco-city.gov.sg. Accessed 12 March 2014.

SSTEa (Sino-Singapore Tianjin Eco-city Administration) (2008) (Draft) Master plan of Sino-Singapore Tianjin Eco-city (2008-2020). SSTEa, Tianjin.

SSTEa (n.d.a) SSTEa's official website www.eco-city.gov.cn/eco. Accessed 12 March 2014. In Chinese.

SSTEa (n.d.b) Key Performance Indicators Framework 2008-2020. SSTEa, Tianjin.

